

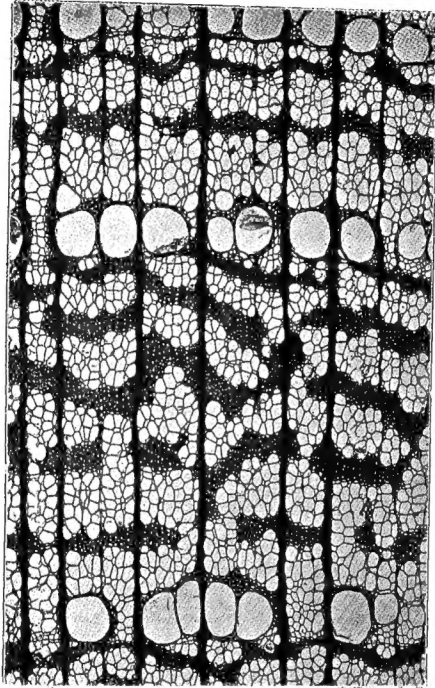




521.32
E 121

إهداء 2006

كيميلتي استشاري / احمد على محمد العبد
البحيرة



قطاع عرضي في الخشب الثانوي لنبات « الماس الأمريكي » « مهداة من معمل منتجات
الغابة بالولايات المتحدة » .

ان مادة القطار جميلة حتى ان دودة الحرير لا تستطيع ان تنسج ما يدانيها جمالا ، ان من يحذل
مصا يتوكل عليها ، مهما يكن خشبها متواضعا ، انما يسك قطعة من صنع الطبيعة تفوق بمراحل انقن
نسج في الدنيا ابدعته يد صناع في اشغال الابرة « نهemia جرو » .

مقدمة
في
علم شرح النبات

تأليف
إيمز و ماك دانيلز

ترجمة

الدكتور محمد صابر نعيم
أستاذ مساعد بكلية العلوم - جامعة عين شمس

الدكتور عبد الفتاح القصاص
أستاذ مساعد بكلية العلوم - جامعة القاهرة

الدكتور قيصر نجيب
مدرس بكلية العلوم - جامعة القاهرة

الدكتور أحمد البازيونس
مدرس بكلية العلوم - جامعة القاهرة

مراجعة

الدكتور عبد الحليم منير
أستاذ ورئيس قسم النبات بكلية العلوم - جامعة عين شمس
مدير جامعة الكويت

المجلس الأعلى للعلوم

١٩٦٢

مطبعة جامعة عين شمس

رقم مسلسل : ١٣

المجموعة الأولى

نم نشر هذا الكتاب ضمن مجموعة الكتب
التي يشرف على إعدادها المجلس الأعلى
للعلوم لفترة مشروع تدريب التعليم الجامعي

AN INTRODUCTION TO PLANT ANATOMY

By

EAMES & MACDANIELS

Second Edition 1947

Published by : Mc Graw-Hill Book Company, Inc.

محتويات الكتاب

صفحة

تقديم الطبعة الأولى	(ف)
تقديم الطبعة الثانية	(ث)

مقدمة

الفصل الأول

مقدمة عن تركيب الجسم النباتي	١
الأجزاء الرئيسية في جسم النبات	١
المحور ،	١
العمود	٢
النمو الابتدائي والثانوي	٤
تركيب جسم النبات	٥
طرق دراسة تشريح النبات	٥
مراجع عامة لجميع فصول الكتاب	٦

الفصل الثاني

الخلية	٧
استعمالات كلمة « خلية »	٧
تباين التركيب الخلوي في النباتات	٩
انتظام الخلايا	٩
شكل الخلية	١١
حجم الخلية	١٢
تكوين الخلية	١٢
انتظام الخلايا أثناء انمو	١٣
البروتوبلاست	١٦
تركيب البروتوبلاست	١٧
غشاء البلازما	١٧
البلاستيدات	١٨
اصل البلاستيدات	١٨
أنواع البلاستيدات	١٨
البلاستيدات الخضراء	١٩

صفحة

٢٠	البلاستيكيات الملونة
٢٠	بلاستيكيات غير ملونة
٢٢	توزيع أنواع البلاستيكيات
٢٢	الفجوات والعصارة الحلوبة
٢٣	لون الحلية
٢٤	الوان الخريف
٢٥	محتويات البروتوبلازم (النوانج الايضية)
٢٥	البلورات
٢٨	النشا
٢٩	المواد النتروجينية
٣٠	جدار الحلية
٣١	طبيعة الجدار
٣١	نشأة الجدار
٣٦	التركيب العام للجدار
٣٦	الجدار الأولى
٣٧	الصفحة الوسطى
٣٩	الجدار الثانوى
٣٩	التركيب الدقيق للجدار والصفحة الوسطى
٤٥	طريقة بناء الجدار
٤٥	الروابط البلازمية
٤٦	منشأ الروابط
٤٧	الوظيفة
٤٧	الرسوم والتفريعات فى الجدار
٤٧	التقر
٤٩	التقرة المزدوجة
٥٠	التقرة البسيطة
٥٠	التقرة المصفوفة
٥٤	التفريعات فى حجم التقر المصفوفة وتركيبها
٥٩	التقر المتركبة
٦١	ظواهر أخرى على سطح الجدار
٦١	الروائد الجدارية
٦٢	النتوءات الجدارية
٦٢	التغلظ الخارجى
٦٢	التركيب الكيمائى للجدار الخلوى

صفحة	
٦٤	الحويصلات الحجرية أو أحجار التوازن
٦٥	الأدمة
٦٦	المراجع

الفصل الثالث

٧٧	الأنسجة الانشائية (المرستيمات)
٧٨	الخلايا والأنسجة المرستيمية والدائمة
٧٩	تصنيف المرستيمات
٧٩	تصنيف المرستيمات على أساس مرحلة التطور ومناهجه
٧٩	المرستيم البدائي أو الأول
٨٠	كتلة قرص وشريط المرستيم
٨١	تصنيف المرستيمات على أساس تاريخ الخلايا المنشئة
٨٢	تصنيف المرستيمات على أساس موضعها في جسم النبات
٨٣	المرستيم الطرفي
٨٣	الخلايا الطرفية
٨٤	أنواع الخلايا الطرفية
٨٥	المرستيم البيئي
٨٦	المرستيمات الجانبية
٨٦	تصنيف المرستيمات على أساس الوظيفة
٨٧	نظريات التطور والتميز التركيبي
٨٧	نظرية الخلية الطرفية
٨٧	نظرية نشوء الأنسجة
٨٩	نظرية الفطاء والبدن
٩٠	أنواع قمم الساق
٩١	النوع البدائي من قمة الساق
٩١	قمة الساق ذات التميز الضعيف بين البدن والفطاء
٩٢	قمم الساق ذات الفطاء والبدن الواضحين
٩٤	مناقشة نظرية الفطاء والبدن
٩٥	الطرف الزهري
٩٦	الطرف الجدرى - قمة الجدر
١٠١	العلاقة بين طرز النمو في طرف الجدر
١٠١	المراجع

الفصل الرابع

١٠٦	الانسجة والأجهزة النسيجية	١٠٦
١٠٦	تقسيم الأنسجة	١٠٦
١٠٧	طرز الأنسجة بالنسبة لمرحلة التطور	١٠٧
١٠٧	طرز الأنسجة بالنسبة لنوع الخلايا المكونة لها	١٠٧
١٠٨	النسيج البرنثيمي	١٠٨
١٠٩	النسيج الكولنشيى	١٠٩
١١٢	النسيج الاسكلرنشيى	١١٢
١١٤	الألياف	١١٤
١١٤	تقسيم الألياف	١١٤
١١٥	الاسكلريدات	١١٥
١١٧	الأنسجة المعقدة الهامة	١١٧
١١٧	الخشب	١١٧
١٢٩	النشوء التكوئى للوعاء	١٢٩
١٣٣	البرنشيمية الخشبية	١٣٣
١٣٤	وظيفة الخشب	١٣٤
١٣٤	اللحاء	١٣٤
١٣٦	الخلية الغربالية وعنصر الأنبوبة الغربالية	١٣٦
١٣٦	المساحات الغربالية والصفائح الغربالية	١٣٦
١٣٩	الأنابيب الغربالية	١٣٩
١٤٠	النشوء التكوئى للعناصر الغربالية	١٤٠
١٤١	اندثار الأنابيب الغربالية	١٤١
١٤٢	الخلايا الغربالية فى عاريات البذور	١٤٢
١٤٢	الخلايا المرافقة	١٤٢
١٤٣	برنشيمية اللحاء	١٤٣
١٤٤	ألياف اللحاء واسكلريداته	١٤٤
١٤٥	مصطلح ألياف اللحاء	١٤٥
١٤٦	التنقىر فى خلايا اللحاء	١٤٦
١٤٧	وظيفة اللحاء	١٤٧
١٤٧	مصطلح اللحاء	١٤٧
١٤٨	النسيج الناقل	١٤٨
١٤٨	الأجهزة النسيجية	١٤٨
١٤٩	النسيج الإفرازى	١٤٩

صفحة

١٥١	الفرد
١٥١	الفرد الهضمية
١٥٣	الفرد الحقيقية
١٥٤	الأجهزة الدمعية
١٥٤	القنوات الراءنجية والزيتية والصفعية
١٥٥	القنوات اللبنية
١٥٥	القنوات اللبنية غير المفصلية
١٥٧	المراجع

الفصل الخامس

١٦٢	الجسم الابتدائي
١٦٢	الانسجة والأجهزة النسيجية الابتدائية
١٦٣	التطور التكويني للمحور
١٦٥	النسيج الوعائي الابتدائي
١٦٥	الكمبيوم الأولي
١٦٨	النمو للدخل والنمو للخارج
١٦٩	العناصر الوعائية الأولى - اللحاء الأول والخشب الأول
١٧١	اللحاء الابتدائي
١٧٣	الخشب الابتدائي
١٧٥	توزيع ونسبة العناصر المختلفة للخشب الأول
١٧٦	استطالة اللحاء الأول والخشب الأول
١٧٧	فراغات الخشب الأول
١٧٨	التطور التكويني لعناصر الخشب الأول
١٧٨	ترتيب الخلايا في الانسجة الوعائية الابتدائية
١٧٩	أنواع الخشب الابتدائي
١٨٠	الحرمة الوعائية
١٨١	أنواع الحزم الوعائية
١٨٢	توزيع الأنواع المختلفة للحزم
١٨٣	الهيكل الوعائي الابتدائي
١٨٣	العمود الوعائي
١٨٦	توزيع الأنواع المختلفة للأعمدة الوعائية
١٨٦	مسيرات الأوراق
١٨٨	مسيرات الأفرع
١٨٩	الفرجة الورقية والفرجة الفرعية

صفحة

١٨٩	تطعيم الأسطوانة الوعائية بواسطة الفرجات
١٩٢	عدد المسيرات الورقية في المجموعات النباتية المختلفة
١٩٣	خروج المسير الورقي من الأسطوانة الوعائية
١٩٤	تجزؤ الأسطوانة الوعائية بالاختزال
١٩٨	التركيب العام للأسطوانة الوعائية الابتدائية
٢٠١	النخاع
٢٠١	تركيب النخاع
٢٠٢	القمع النخاعي
٢٠٣	نخاع الجذور
٢٠٣	بقاع النخاع
٢٠٤	البريسكيل
٢٠٥	الأنودودرمس (البشرة الداخلية)
٢٠٧	توزيع الأنودودرمس وموضعه
٢٠٩	وظيفة الأنودودرمس المرتبطة بتركيبه
٢١١	القشرة
٢١٤	البشرة
٢١٥	التطور التكويني للبشرة وبقاؤها
٢١٥	وظيفة البشرة
٢١٦	الشعيرات الجلدية
٢١٦	الثغور
٢١٧	تركيب وعمل الخلايا الحارسة
٢١٩	توزيع الثغور
٢٢٠	تكوين الثغور
٢٢٠	الشعيرات
٢٢٢	المراجع

الفصل السادس

٢٢٨	نشأة الجسم الثانوي وتكوينه وعلاقته بالجسم الابتدائي
٢٢٨	الكمبيوم
٢٢٩	نشأة الكمبيوم من الكمبيوم الأولي
٢٣٠	الكمبيوم الحزمي وبين الحزمي
٢٣٣	وقت تكوين الكمبيوم في السوق
٢٣٣	وقت تكوين الكمبيوم في الجذور

صفحة	
٢٣٣	اتساع الكمبيوم
٢٣٤	تعمير الكمبيوم
٢٣٥	تأثير النشاط الكمبيومى فى الجسم الابتدائى
٢٣٧	علاقة النمو الثانوى بالمسيرات الورقية
٢٤١	علاقة النمو الثانوى بفرجات الأوراق والفروع
٢٤٢	وظيفة الكمبيوم
٢٤٣	تركيب الكمبيوم
٢٤٥	التركيب الخولى للكمبيوم
٢٤٥	حجم الخلايا الكمبيومية
٢٤٨	تركيب الخلايا الكمبيومية
٢٤٨	الانقسام الخولى فى الكمبيوم
٢٥١	النمو الانزلاقى والانحشارى للخلايا الكمبيومية ومشتقات الكمبيوم
٢٥٢	النشوء التكونى للانسجة الوعائية الثانوية
٢٥٢	وقت النشاط الكمبيومى
٢٥٥	انطمار قواعد الفروع
٢٥٨	نمو الكمبيوم عند الخروج
٢٥٩	الكمبيوم فى الاكثار بالبرعم والتطعيم
٢٦٠	الكمبيوم فى ذوات الفلقة الواحدة
٢٦٢	المراجع

الفصل السابع

٢٦٤	الخشب الثانوى
٢٦٤	تركيب الخشب الثانوى
٢٦٥	اشعة الخشب
٢٦٦	الحلقات السنوية أو حلقات النمو
٢٦٨	الخشب الباكر والخشب المتأخر
٢٦٩	الحلقات السنوية الكاذبة
٢٦٩	خشب خطى المسام ومنتشر المسام
٢٧٠	الصفات التشريحية العامة للخشب الثانوى
٢٧٠	انواع الخلايا ونظام ترتيبها فى الخشب الثانوى
٢٧١	ترتيب برنشيمة الخشب
٢٧١	تركيب خشب عاريات البذور
٢٧٢	تركيب خشب كاسيات البذور
٢٧٣	اشعة الخشب

صفحة	
١٧٥	قصبات الأشعة
٢٧٦	الحللا الحافية في أشعة كاسيات البذور
٢٧٦	التيلوز
٢٧٩	الخشب الرخو والخشب الصمى
٢٨٠	العلاقة بين التركيب المجهرى وصفات الخشب واستعماله
٢٨١	الوزن
٢٨٢	قوة الخشب
٢٨٢	احتمال الخشب
٢٨٣	صفات أخرى
٢٨٣	تشرب المواد الحافظة
٢٨٥	تعرق الخشب
٢٨٥	حشب الانضغاط
٢٨٦	الرقط النخاعية الشعاعية
٢٨٦	التصمغ
٢٩٧	المراجع

الفصل الثامن

٢٩٩	اللحاء الثانوى
٢٩٩	اتساع اللحاء الثانوى وكميته
٣٠٠	أهمية اللحاء الثانوى
٣٠٠	تركيب اللحاء الثانوى
٣٠١	الحللا الغربالية والأنابيب الغربالية
٣٠٨	الحللا المرافقة
٣٠٩	برنشيمة اللحاء
٣١٠	ألياف اللحاء واسكريداته
٣١١	أشعة اللحاء
٣١٤	الحلقات الموسمية في اللحاء
٣١٤	وظيفة اللحاء الثانوى
٣١٦	توقف وظيفة اللحاء
٣١٨	القيمة الاقتصادية للحاء الثانوى
٣٢٠	المراجع

الفصل التاسع

٣٢٢	البريدرم والانفصال
٣٢٢	البريدرم

صفحة

٣٢٢	تركيب البريديم
٣٢٣	الكيمبوم الفليني أو الفلوجين
٣٢٥	الفلين
٣٢٧	الفلودرم أو القشرة الثانوية
٣٢٧	منشأ البريديم
٣٣١	امتداد البريديم
٣٣١	بقاء البريديم
٣٣٣	الفلين التجاري
٣٣٤	المظهر الخارجي للبريديم
٣٣٧	الطبقات الواقعة في ذوات الفلقة الواحدة
٣٣٧	الفلين المصفوف
٣٣٨	وظيفة البريديم
٣٣٩	فلين الجروح
٣٤٠	العديسات
٣٤٠	توزيع العديسات
٣٤١	منشأ العديسات
٣٤٢	تركيب العديسات
٣٤٤	بقاء العديسات
٣٤٥	الانفصال
٣٤٥	انفصال الأوراق
٣٤٧	جنس الكستنا
٣٤٨	جنس كتليه
٣٤٨	جنس التامول
٣٤٩	جنس الحور
٣٥٠	انفصال الأجزاء الزهرية
٣٥١	انفصال السوق
٣٥١	انفصال السوق غير تامة النمو والسوق العشبية
٣٥٢	انفصال السوق الخشبية
٣٥٧	المراجع

الفصل العاشر

٣٥٩	الجزر
٣٥٩	وظيفة الجزر
٣٦٠	الشكل العام للجزر
٣٦١	الجزر الابتدائية والثانوية

صفحة

٣٦١	النشوء التكويني للجذر
٣٦١	القلنسوة الجذرية
٣٦٢	التصميرات الجذرية
٣٦٣	قشرة الجذر
٣٦٦	البرسيكل في الجذر
٣٧٠	النمو الثانوي في الجذور
٣٧١	تكوين الجذور الجانبية
٣٧٤	الجذور العرضية
٣٧٦	البريدريم في الجذور
٣٧٨	المراجع

الفصل الحادى عشر

٣٨٠	الساق
٣٨٠	منشأ الساق
٣٨١	مرحلة الانتقال بين الجذر والساق
٣٨٥	انواع الساق
٣٨٥	الساق الخشبية
٣٨٦	الساق العشبية
٣٩٠	ساق ذوات الفلقة الواحدة
٣٩١	النمو الثانوي في ذوات الفلقة الواحدة
٣٩٢	السوق المتسلقة
٣٩٤	« الأشعة النخاعية » للنباتات المتسلقة والأعشاب
٣٩٥	اللحاء الداخلى
٣٩٦	الحزمة الوعائية
٣٩٨	حجم وشكل الحزمة الوعائية
٣٩٨	تركيب الحزمة الوعائية
٤٠١	التركيب النشاذ في السوق
٤٠٣	اللحاء بين الخشبى
٤٠٤	تكوين ونشاط الكمبيوم الاضافى
٤٠٩	المراجع

الفصل الثانى عشر

٤١١	الورقة
٤١١	الشكل الخارجى للورقة
٤١٣	توزيع الاوراق

صفحة

٤١٣	نشأة الورقة
٤١٦	نشأة العنق والأذنيات
٤١٦	عمر الورقة
٤١٨	نشأة النسيج الوعائي بالورقة
٤٢٠	موضع النسيج الوعائي بالورقة
٤٢٢	عناصر الخشب واللحاء بالأوراق
٤٢٣	نهايات الخزم
٤٢٤	غلاف الخزمة
٤٢٦	الانسجة الوعائية بالورقة
٤٢٨	النسيج المتوسط
٤٣٠	بشرة الأوراق
٤٣٠	توزيع الثغور على الأوراق
٤٣١	ورقة ذوات الفلقة
٤٣٢	ورقة النجيليات
٤٣٣	الاسكلرنشيمة في ورقة النجيليات
٤٣٤	أغلفة الخزمة في ورقة النجيليات
٤٣٥	النسيج المتوسط بورقة النجيليات
٤٣٦	البشرة في ورقة النجيليات
٤٣٦	ترتيب الثغور في ورقة النجيليات
٤٣٧	عمر الأوراق
٤٣٨	المراجع

الفصل الثالث عشر

٤٤٠	الزهرة — الثمرة — البذرة
٤٤٠	الزهرة
٤٤٠	نشأة الزهرة
٤٤١	الهيكل الوعائي للزهرة
٤٤١	العمود الزهري
٤٤٢	مسيرات الزوائد الزهرية
٤٤٢	السلالات
٤٤٢	البتلات
٤٤٣	الأسدية
٤٤٣	الكرابل
٤٤٥	البويضات
٤٤٦	التركيب التشريحي للأزهار البسيطة

صفحة

٤٦٦	زهرة اخيليا
٤٤٧	زهرة بيرولا
٤٤٨	التركيب التشريحي لأزهار أكثر تعقيدا
٤٤٨	الالتحام في العمود الزهري
٤٤٨	الالتحام في صورة الالتصاق
٤٥٣	الالتحام في صورة الاندماج
٤٥٤	المبيض السفلى
٤٥٧	اندماج الأزهار مع غيرها من الأزهار وغيرها من الأعضاء
٤٥٩	الجهاز الوعائي المشيمي
٤٦٠	الجهاز الوعائي الأخرى
٤٦١	اختزال الجهاز الوعائي داخل مضموا
٤٦٢	السبلة والبتلة
٤٦٤	السداة والكربلة
٤٦٦	الثمرة
٤٦٦	الشكل الخارجى للثمار
٤٦٧	نشأة الثمار
٤٦٨	تركيب الثمار
٤٦٨	العمود الوعائى للثمار
٤٦٩	بشرة الثمار
٤٧٠	أنسجة الفلين بالثمار
٤٧١	الثمار اللحمية (الطرية)
٤٧٥	الطبقة الحجرية في الثمار
٤٧٦	الثمار الجافة
٤٧٧	المشيمة
٤٧٧	الأجزاء الثانوية بالثمرة
٤٧٨	تفتح الثمار
٤٧٩	البسترة
٤٧٩	أفلفة البذرة (الشكل الخارجى)
٤٨٣	التركيب النسيجي
٤٨٧	الحزم الوعائية في البذور
٤٨٧	الجنين والاندوسبرم
٤٨٩	المراجع

الفصل الرابع عشر

٤٩٣	التركيب التشريحي للنبات وعلاقته بالبيئة
-----	---

(ف)

صفحة	
٤٩٤	انواع البيئة الجفافية
٤٩٥	نباتات الجفاف
٤٩٥	التلجن والتكوين
٤٩٨	الاسكلرنشيمية
٤٩٨	الشعيرات
٤٩٩	التفاف الأوراق
٥٠٠	تركيب الثفر
٥٠١	اختزال سطح الورقة
٥٠٢	الأوراق الإبرية في عاربات البذور
٥٠٣	نباتات الجفاف العصرية
٥٠٣	النباتات العالقة
٥٠٤	النباتات المائية
٥٠٤	البشرة في النباتات المائية
٥٠٥	الأوراق المجزأة
٥٠٦	الفرف الهوائية
٥٠٧	عدم وجود الاسكلرنشيمية
٥٠٨	اختزال الأنسجة الوعائية والماصة
٥٠٩	أوراق نباتات الظل
٥٠٩	النباتات المتطفلة
٥١٠	النباتات الترممة
٥١٣	المراجع
٥١٥	دليل المصطلحات
٥١٧	(١) انجليزي - عربى
٥٤٣	(٢) عربى - انجليزي

تقديم الطبعة الأولى

يأمل المؤلفان أن يسد هذا الكتاب الحاجة الى مؤلف شامل في علم التشريح النباتي ، وهو ما تفتقر اليه المكتبة العلمية حاليا . ولقد أحس المؤلفان بتلك الحاجة الشديدة وهما من مدرسي هذا العلم : رأيا أن هناك ضرورة الى مثل هذا الكتاب ، لا تقتصر على الحاجة الى كتاب دراسي يصلح مادة للتعليم ، كما يصلح مرجعا أساسيا للمشتغلين بتطبيقات علم النبات وللمدرسين والطلاب في الفروع البحثية لعلم النبات . ولذلك وضعنا نصب أعينهما هذين الهدفين عند اعداد هذا الكتاب . على أنهما عنيا في تناول الموضوعات بما تقتضيه احتياجات فصول التعليم ، وخاصة طلاب علم التشريح النباتي المبتدئين . ولذلك فالكتاب أولا كتاب دراسي في مبادئ علم التشريح النباتي ، وهو في الوقت ذاته مقدمة لهذا العلم ، فالمفروض في قارئ هذا الكتاب أن يكون ملما بمبادئ تركيب النبات ووظائفه على نحو ما يحصله طلاب المرحلة الجامعية الأولى في دراسة علم النبات .

وعلى الرغم من أن الكتاب مقدمة لهذا العلم ، إلا أنه يتضمن عرضا شاملا للحقائق والمعارف الأساسية عن التشريح النباتي ، حتى أنه ليتناول القواعد الرئيسية للدراسات المستقلة ولكننا لا ندعي أن الكتاب يعرض تفصيلا لكافة الحقائق والبيانات المعروفة ولا النظريات التي تتناول كافة الظواهر التركيبية . فالمعارف والبيانات كثيرة جدا ، ومصطلحات التشريح النباتي يكتنفها الكثير من الغموض وكل محاولة لعرض الموضوع عرضا كاملا وافيا ستخرج بالكتاب عن طبيعته ، أضف الى ذلك أن معارفنا عن تشريح النباتات الوعائية عامة ، والنباتات كاسيات البذور خاصة يتورها النقص . ولذلك فمن المستحيل أن نعرض من البيانات ما يشمل كل الحقائق والمظاهر التركيبية التي قد يقابلها الطالب في مستقبل دراسته . أضف الى ذلك أن المؤلفين يعتقدان اعتقادا راسخا أن على طالب علم التشريح النباتي أن لا يتعلم الحقائق أولا ، إنما عليه أن يتعلم القدرة على الدرس أولا والثقة بنفسه على تناول التراكمات النباتية بالفحص ، وذلك بممارسة القدرة

على الملاحظة الدقيقة والتعليقات الصحيحة لذلك فليس هذا الكتاب مجموعة من البيانات .

ولا يتأتى التدريب على الدراسة المستقلة لعلم التشريح الا بالممارسة العملية . ويمتد المؤلفان أن ذلك لا يكون بالاعتماد على المحاضرات والدروس ولا على القراءة وحدها ، انما بالدراسة العملية . ويتبع هذا الكتاب الحقائق الأساسية والمصطلحات .. الخ . ما يلزم للدروس العملية ، ولا شك أن هذا الكتاب يحقق هذا الغرض . ويهيئ متابع موضوعات الكتاب (على ما يعتقد المؤلفان وما تعلمنا من خبرتهم) يهيئ أفضل المناهج للدراسة العملية ، وان ما أورده الكتاب من أمثلة ونباتات لشرح بعض الظواهر انما قصد به بيان عام لما يمكن أن تكون عليه مادة الدراسة ، وليس من الضروري ولا من المرغوب فيه أن تستعمل نفس النباتات في الفصول الدراسية ، والأفضل أن تستعمل النباتات التي تيسر وجودها ثم بمقارنتها بالوصف الوارد في الكتاب والرسوم التي تضمنها ، يكون الدرس أقرب للفائدة . ويعتمد المؤلفان في دروسهما على فحص عينات نباتية كثيرة تشمل كافة أوجه التباين في التركيب الواحد . وبهذا يلم الطالب بأوجه التباين ومداه ، ويمارس القدرة على التعليل والشرح من كثرة الأمثلة التي درسها وتصبح له من بعد القدرة على تناول أى نبات جديد بالدرس والفهم .

وقد حرص المؤلفان على أن يتناول هذا الكتاب ، ليكون مرجعا ، معالجة مختصرة للحقائق الأساسية من هذا العلم ، وشرحا للمصطلحات ، وبيانا لمعلوماتنا الحالية ووجهات النظر .. الخ . مما يزيد من فائدته . أما البيانات التفصيلية فموضعها المراجع الكبيرة ، ولو أن الغالب أن توجد في مقالات علمية متخصصة . وقد اشتمل هذا الكتاب أيضا على شيء من نتائج البحوث والدراسات التي قام بها المؤلفان والتي لم يسبق نشرها ، كما اشتمل على بعض من أفكارهما وآرائهما الشخصية .

وفيما عدا بعض الاشارات الى النباتات الدنيا ، فقد تناول الكتاب تركيب النباتات الوعائية وحدها ذلك لأن التركيب التشريحي للثالوسيات غالبا ما يتم بالبساطة . ووسائل الدراسة ومصطلحات التعريف بالخلايا والأنسجة في النباتات

(ش)

الوعائية تنطبق على ما دونها من فصائل النبات ، وقد روعى في اختيار الأمثلة والنماذج أن تمثل (على قدر الامكان) نباتات معروفة أو ذات أهمية اقتصادية .

ووجهة النظر الأساسية في تناول موضوعات هذا الكتاب هي الوصف المورفولوجى أى وصف الشكل والتركيب. فالتشريح الفسيولوجى يأخذ الشكل فى الاعتبار ، ولكن بقدر ، ولكن يلزم أن تسبق أى دراسة تشريحية جادة ادراك العلاقات التى يتضمنها الشكل والبناء ولكننا فى هذا الكتاب نتناول فى تقص النواحي الفسيولوجية وعلاقات التركيب التشريحي بالنواحي التطبيقية وفى بعض الأحيان يكون تناول الموضوع شاملا . وسنرجع الى مبادئ علم الشكل المقارن كلما لزم ذلك لادراك التطور السلفى وللمعاونة على توضيح التراكم المعقدة . ويعتقد المؤلفان أن كتابا يوضع على أساس الوصف المورفولوجى إنما هو كتاب عظيم الفائدة . أما الدارس الذى يتخطى مرحلة الدراسة التمهيدية فى علم التشريح ، ليتجه الى الفروع التطبيقية كالأعراض والبستنة ، أو الى الفروع البحثية المختلفة ، فسيجد أن الادراك الشامل للتجورات والاختلافات المورفولوجية يقتضى تناول تاريخ التطور السلفى للتركيب الذى تتناوله الدراسة .

ولا يدعى مؤلفا هذا الكتاب أنهما أحاطا فيه بالتطور التاريخى لمعارفنا فى هذا العلم أو أى من أجزائه أو مراحل ، ولا أنهما أرجعا فيه فضل الإضافات العلمية البارزة الى أصحابها كأفراد . وقد كان نصب العين أولا عرض المعارف والآراء الحالية ، وثانيا عرض وجهات النظر الأخرى ويتناول الفصل الخامس عشر تاريخ علم التشريح النباتى ويعرض أهم النتائج التى توصل اليها العلماء البارزون الأقدمون فى مجالات هذا العلم وقد جاء هذا الفصل التاريخى فى ذيل الكتاب وذلك لأن فائدته للطالب المبتدئ تكون أعظم بعد أن يلم بما يحويه الكتاب من معارف .

ونظرا للغموض الذى أحاط بمصطلحات علم التشريح النباتى كان من اللازم فى كثير من الأحوال أن نشرح الاستعمالات المختلفة للمصطلحات . وقد كان الأساس الأول فى قبول المصطلحات فائدتها من الناحية المورفولوجية ، والثانى مراعاة الأسبقية ، وقد لزم فى بعض الأحوال شرح تاريخ استعمال المصطلح .

ولما كان هذا الكتاب كتاباً تهديداً وليس مرجعاً للباحثين أو لطلاب الفرق المتقدمة ، فقد جعلنا قائمة المراجع في أضيق الحدود . وجاء في ذيل كل فصل بعض المراجع الحديثة والكتب المهمة وروعى أن لبعضها أهمية خاصة لما تضمنته من مراجع هامة ، فإذا رجع القارئ الى مثل هذه قائمة المراجع اتسعت . ومن الطبيعي أن يغفل في مثل هذه الأحوال ، بعض الكتب الأساسية القديمة . كما جاء في آخر الفصل الأول قائمة الكتب والمراجع العامة التى تتناول موضوعات متعددة ، ولم تذكر مثل هذه الكتب في القوائم التى ذيلت بها الفصول الأخرى اكتفاءً بذكرها في هذا الموضع الأول واستثنى من ذلك المراجع التى تتناول موضوعات خاصة في هذه الفصول .

وقد روى ذكر النباتات بأسمائها العلمية لا بأسمائها العادية . يمكن الرجوع الى الأسماء العادية في الفهرست أو الى أسماء الأجناس النباتية التى تنتمى إليها^(١) .

ونلاحظ أن مصطلح علم التشريح وعلم الهستولوجيا يستعملان في علم النبات الحديث على نحو غير محدد . على أن كثيراً من علماء النبات يعرفون دراسة التركيب الداخلى للنبات بأنها علم الهستولوجيا ، وهذا خلط يرجع الى أن علم الهستولوجيا يتناول تركيب الخلايا والأنسجة دون التراكيب الداخلية الكبرى كالعمود الوعائى ومسيرات الأوراق ، وكان النظر الى علم التشريح النباتى بأنه يتناول مثل هذه التراكيب الداخلية الكبرى . ولكن الواقع أن علم التشريح النباتى يتناول بناء الكائن وتركيبه العام والتفصيل من ناحية الشكل الخارجى والبناء الداخلى . أما علم الهستولوجيا فيتناول التركيب الدقيق للكائن ، ولذلك فهو جزء من علم التشريح والواقع أن دراسة التركيب الداخلى الدقيق وحدها لا تكفى لإدراك معالم البناء في جسم النبات . ولذلك فهذا الكتاب يتناول الصفات التشريحية بمعناها الذى يشمل الصفات الهستولوجية كجزء . ولذلك سمى كتاب في علم التشريح النباتى .

أما ناحية علم الهستولوجيا التى تتناول تركيب الخلية ، وخاصة صفات البروتوبلاست ، فهى ضمن علم الخلية الذى أصبح فرعاً مستقلاً من فروع العلوم

(١) ذكرت بعض النباتات بأسمائها القديمة مثل التفاح *Malus pumila* وهو يعرف الآن باسم *Pyrus malus* فسمى الجنس *Pyrus* بدلاً من *malus* الذى أصبح اسماً للنوع ، أما *pumila* فنقرب منه - (المراجع)

(ث)

البيولوجية ولذلك فلم يتناول هذا الكتاب النواحي الخلوية من علم التشريح الا ما كان منها ضروريا لفهم البناء الهستولوجى أى أنه لزم وضع حد لمدى الاستطراد الأخرى . وقد تناولنا البروتوبلاست فى اختصار الا تلك الفقرات التى تناولنا فيها الروابط البلازمية والبلاستيدات والمحتويات الخلوية الأخرى . وقد أغفل الكتاب انقسام النواه لأن العادة أن تتناوله الدروس الأولية فى علم النبات كما تتناوله فى تفصيل مراجع علم الخلية . أما تركيب الجدار الخلوى فقد تناوله الكتاب فى تفصيل .

وقد أخذت الرسوم فى أغلب الأحوال من التحضيرات النباتية ذاتها ، وشرح الرسوم موجود فى الملاحظات المرفقة بها والرسوم جميعا — الا القليل — من عمل المؤلفين والسيدة « ريتا بالارد ايمز » ، وأن لها فضلا يشكره المؤلفان ، كما يود المؤلفان أن يخصا بالشكر زملاءهم على ما عاونوا به من نقد بناء .

ادثر ج . ايمز

لورانس ه . مالك دانييلز

تقديم الطبعة الثانية

لقد حافظ المؤلفان في هذه الطبعة الثانية على الأغراض التي استهدفاهما في الطبعة الأولى وهى وضع كتاب يعتبر مقدمة لعلم التشريح النباتى ليكون كتابا دراسيا لطلاب الجامعات أولا وأساسا ثم ليكون من بعد ذلك مرجعا عاما . ولم يفت المؤلفين أن الحاجة تدعو أن تتضمن الطبعة الثانية قدرا أكبر من البيانات والمعلومات وأن تتناول بعض موضوعات هذا العلم مما لم تتناوله الطبعة الأولى ، مثال ذلك شمولها تفاصيل وافية عن نشأة المرستيم وتطوره ، ومناقشة لبناء الطفرات النسيجية ودلالاتها . ولكن الواقع أن اضافة هذا كله تكاد أن تكون مستحيلة في كتاب من هذا النوع والحجم .

ولقد اطردت الزيادة في معارفنا عن بعض موضوعات علم التشريح النباتى منذ نشر الطبعة الأولى وخاصة نشأة جدار الخلية وتطوره وبنائه ، والمرستيمات واللحاء ، وتطور الورقة ، والأنسجة الفاصلة ، وتركيب الزهرة والثمرة . وقد أضاف المؤلفان في الطبعة الثانية من هذه المعارف ما وجداه مناسباً لموضوع الكتاب . وقد زادت هذه الاضافات في طول أغلب الفصول ورغبة في المحافظة على حجم الكتاب في صورته الأولى فقد حذفنا الفصل الخامس عشر الذى تناول تاريخ علم التشريح النباتى على ما فيه من طرافة ، ولكنهما رأيا أن فائدته غير أساسية للطلاب .

وقد أدخل المؤلفان تعديلات على عدد قليل من المصطلحات التى استعملت في الطبعة الأولى . ويرجع ذلك الى أن تركيب بعض الخلايا والأنسجة مثل اللحاء قد ازداد وضوحا عما كان عليه عام ١٩٢٥ ، كذلك لتتفق المصطلحات في هذا الكتاب مع ما أقرته الجمعية الدولية للمستغلين بتشريح الخشب . من مصطلحات وصف أنسجة الخشب .

(غن)

ولا يسع المؤلفان الا أن يحمدا المعاونة التي لقيها في اعداد المخطوط من
الدكاترة الطوائت م . ويلكنسون ، و ه . و . بلاستر . والا أن يذكر بالشكر
كذلك السيدة ريتا ب . ايمز لمعاونتها في اعداد الرسوم وتجويدها ولاشرافها
على اعداد المخطوط : والسيد و . ر . فيشر لمعاونته في اعداد كثير من الصور
الفوتوغرافية التي وردت في الكتاب .

يوليو ١٩٤٧

أرنر ج . ايمز
لورانس ه . مالك دانيالز

الفصل الأول

مقدمة عن تركيب الجسم النباتي

تختلف النباتات الوعائية فيما بينها اختلافاً كبيراً ، في نواحي الحجم والشكل والتركيب ، على أن هذه الاختلافات التي تشمل أغطاء من الشكل متعددة ، ونماذج من التركيب متفاوتة التعقيد ، تتضمن منهجاً تركيبياً واحداً يتميز بالبساطة . فالجسم النباتي يتكون أساساً من محور يحمل زوائد جانبية . وكثيراً ما تخفى كثرة الفروع وتعدد أنواع الزوائد ، بساطة هذا المنهج التركيبي .

الأجزاء الرئيسية في جسم النبات :

يتكون المحور من جزئين متصلين ، بالرغم من اختلافهما في التركيب وفي الوظيفة ، ويميزهما الواضح في الشكل الخارجي . جزء هوائي في أغلب الأحوال ويسمى الساق . وجزء أرضي يسمى الجذر . أما الزوائد فهي على ثلاث مراتب تأتي الأوراق في المرتبة الأولى ، وتدخل إليها الأنسجة الوعائية ، وهي زوائد تتميز بها الساق دون الجذر . وتنظم الأوراق على الساق في ترتيب محدد . وينطوي تركيبها الداخلي على تماثل واضح لهيكل المحور . ولذلك يمكننا أن نعتبر الورقة امتداداً جانبياً للساق ، موصولة بها ، مشتملة على كافة العناصر الأساسية التي تتكون منها الساق . أما زوائد المرتبة الثانية ، فتدخل في تركيبها الأنسجة الخارجية للساق ، وهي القشرة والبشرة . تعرف هذه الزوائد بالشويكات كتلك التي نعرفها في نبات الورد . وزوائد المرتبة الثالثة هي بروزات من الطبقة السطحية ، وتسمى الشعيرات . وتوجد الشويكات والشعيرات على المحور والأوراق ، وليس لمواقعها في أغلب الأحوال ترتيب محدد .

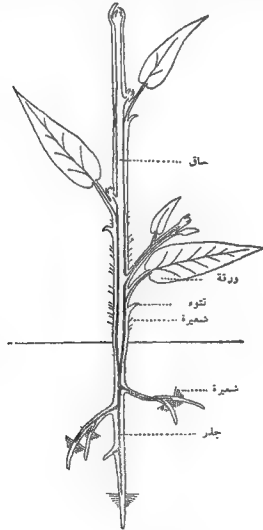
المحور :

يتكون المحور من عمود مركزي تحوطه طبقات مغلقة له . ويؤدي العمود المركزي وظائف هامة ، فهو الدعامة ، وهو طريق النقل ، اذ يشتمل في المحور الناضج على النسيج الوعائي ، وعلى الجزء الأكبر من الأنسجة الدعامية . وقد سمي

الأسطوانة الوسطى أو العمود ، نسبة الى شكله وموضعه في المحور ، أما الطبقة المحيطة ، فمن وظائفها الوقائية ، والدعم ، والتخزين وغير ذلك ، وتشمل القشرة والبشرة وهي الطبقة الخارجية .

العمود :

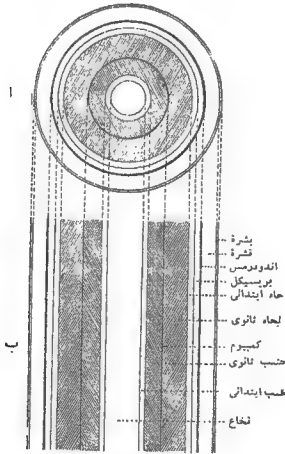
يتكون العمود أساسا من نوعين من الأنسجة الوعائية ، يختص واحد منها بتوصيل الماء وغيره مما يمتصه النبات من الأرض ، ويسمى الخشب ، ويختص الآخر ويسمى اللحاء ، بتوصيل الغذاء المجهز ، وربما ساهم في نقل الأغذية المعدنية . ويوجد



(شكل ١)

رسم تخطيطي لنبات يبين الاجزاء الاسامية

الخشب واللحاء معا في أغلب الأحوال ، ويكونان عادة متجاورين في أوضاع قطرية موحدة : اللحاء في الخارج والخشب في الداخل (شكل ٢) . وقد تنتظم هذه الأنسجة في عمود مصمت ، أو أسطوانة مجوفة ، أو نطاق منتظم من الأشرطة (شكل ٦٦) ، أو مجموعة متفرقة من الأشرطة (وفي مثل هذه الأحوال يتكون كل شريط من خشب ولحاء) وفي الأحوال التي تحيط فيها الأنسجة الوعائية بنسيج من نوع يختلف عنها ، يكون في الغالب رخوا ومفككا ، هو النخاع الذي يشغل الحيز الأوسط من المحور . ويوجد في خارج الأنسجة الوعائية ، عدد محدود من طبقات الخلايا غير الوعائية ، هي الجزء الخارجى من العمود ، وتسمى البريسيكل . وغالبا ما تحد من الخارج ، بطبقة مفردة من خلايا متميزة التركيب تسمى أندودرمس . أى أن البريسيكل تغلف النسيج الوعائى على نحو ما تغلف القشرة العمود .

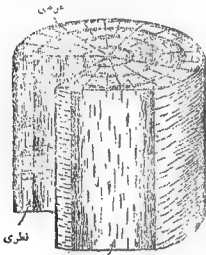


(شكل ٢)

رسم تخطيطى يبين تركيب المحور (١) قطاع عرضى (ب) قطاع طولى

النمو الابتدائي والثانوي :

يتم بناء المحور ، بصفاته التركيبية وزوائده المختلفة التي أشرنا إليها ، نتيجة نمو القمم النامية التي توجد عند أطراف المحور . ويسمى هذا الجسم النباتي الذي نشأ أولاً ، بالجسم الابتدائي ، ذلك لأنه نتيجة للنمو المبكر أو ما يسمى النمو الابتدائي ، وتسمى أنسجته تبعاً لذلك بالأنسجة الابتدائية ، فيقال الخشب الابتدائي لتلك الأنسجة الخشبية التي تكونت أولاً . وفي كثير من النباتات الوعائية ، يدعم هذا الجسم الابتدائي نمو من طراز مختلف يسمى النمو الثانوي لأنه يبدأ بعد النمو الابتدائي، ويضيف إليه أنسجة جديدة تسمى الأنسجة الثانوية.



(شكل ٣)

رسم تخطيطي لاسطوانة من الخشب يبين
مسطحات القطاع العرضي والقطري والمماس .

ولا ينتج عن النمو الثانوي في العادة أنواع جديدة من الخلايا ، وإنما هي إضافات تزيد في كتلة النبات ، وخاصة أنسجته الوعائية ، مما يتيح مزيداً من خلايا التوصيل والتدعيم والوقاية . ولا يغير النمو الثانوي الأساس التركيبي للجسم الابتدائي . فالنمو الابتدائي يزيد المحور طولاً ، ويبنى نظام التفرع ويكون الزوائد المختلفة ، أي أنه ينشئ الأجزاء الجديدة أو الصية في جسم النبات . وعندما يتم تكوين هذه الأجزاء وتصل إلى تمام امتدادها ، يأتي دور النمو الثانوي فيزيدها تغليظاً ، أي زيادة في طول القطر .

تنشأ الأنسجة الثانوية عن طبقة نمو خاصة ، هي الكيمبيوم ، تتكون بين الخشب الابتدائي واللحاء الابتدائي ، وتبنى خشباً ولحاءً جديدين لصيقتين للأولين . ولذلك فأنسجة الخشب واللحاء الثانوية ، تتكون ضمن إطار الأسطوانة الوسطى ، يحدها اللحاء الابتدائي من الخارج والخشب الابتدائي من الداخل . وما يزال هذا الخشب الجديد يغلف الخشب الابتدائي والنخاع ، حتى يتم الإحاطة به دون أن يغير من هذا التكوين الابتدائي الداخلي ، إنما يطمره دون أن يسحقه . أما اللحاء الابتدائي ، وغيره من الأنسجة في خارج الكيمبيوم ، فما يزال النمو الثانوي يضغطها إلى الخارج حتى يشوه كيانها أو يسحقها . ونذكر في هذا المقام أن النمو الابتدائي

في منطقة بعينها ، قد يتم في مدى قصير نسبيا ، بينما يستمر النمو الثانوى وقتنا أطول ، وفي النباتات المعمرة ، قد يظل النمو الثانوى طول الحياة .

تركيب جسم النبات :

الجذر والساق والأوراق هي أعضاء النبات ، وينهض كل منها بوظائف عامة ، توأمتها أنواع الأنسجة وتوزيعها وانتظامها في كل عضو . أما الأنسجة ، فلكل منها وظائف خاصة ، تحددتها أنواع الخلايا الداخلة في تركيبها — لذلك يمكن القول بأن جسم النبات يتكون من خلايا تتجمع على هيئة أنسجة ، وتنظم الأنسجة على هيئة أعضاء .

طرق دراسة تشريح النبات :

الطرق الرئيسية لدراسة التكوين التشريحي الدقيق لجسم النبات ، هي اعداد مقاطع رقيقة في أجزاء النبات، أو معالجة النسيج النباتي، بما يفصل الخلايا عن بعضها البعض ويسر دراستها . على أن الاستيعاب الكامل للتركيب المعقد الذى تتسم به أغلب أجزاء النبات ، يستلزم دراسة مقاطع متعددة الاتجاهات . ففي المحور ، وهو تركيب أسطوانى — يمكن دراسة المقاطع على اتجاهات ثلاثة ، كل منها يتخذ وضعاً عمودياً على الاتجاهات الأخرى . يكون أحد المقاطع عمودياً على الاتجاه الطولى للمحور ويسمى القطاع العرضى ، واثنان يكون اتجاهاهما موازياً لطول المحور ، أى أنها مقاطع طولية . يمر أحد هذين القطاعين بالمركز أى يطابق مسطحا قطريا ، ويمر الآخر في اتجاه عمودى على هذا القطاع ويكون عمودياً على المسطح اللطرى (شكل ٣) — وتسمى القطاعات الثلاثة على التوالى : قطاع عرضى ، قطاع طولى قطرى (مركزى) ، وقطاع طولى مماسى .

مراجع عامة لجميع فصول الكتاب

General References for Use with All Chapters

- BONNIER, G., and LECLERC DU SABLOU : "Cours de botanique", Paris, 1905.
- DE BARY, A. : "Comparative Anatomy of the Phanerogams and Ferns", Engl. transl., Oxford, 1884.
- BOWER, F. O. : "Size and Form in Plants (with Special References to the Primary Conducting Tracts)", London, 1930.
- COMMITTEE ON NOMENCLATURE, INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS : Glossary of terms used in describing woods, *Trop. Woods*, 36, Dec., 1933.
- FOSTER, A. S. : "Practical Plant Anatomy", New York, 1942.
- GUILLIERMOND, A. : "The Cytoplasm of the Plant Cell", Engl. transl. by L. R. Atkinson, Waltham, Mass., 1941.
- HABERLANDT, G. : "Physiological Plant Anatomy", Engl. transl., of 4th Germ. ed., London, 1914.
- ... : "Physiologische Pflanzenanatomie" 5th Germ. ed. Leipzig, 1918.
- HAYWARD, H. E. : "The Structure of Economic Plants", New York, 1938.
- JEFFREY, E. C. : "The Anatomy of Woody Plants", Chicago, 1917.
- SHARP, L. W. : "Fundamentals of Cytology", New York, 1943.
- SIFTON, H. B. : Developmental morphology of vascular plants, *New Phyt.*, 43, 87-129, 1944.
- SOLEREDER, H. : "Systematic Anatomy of the Dicotyledons" Engl. transl., Oxford, 1908.
- ..., and F. J. MEYER : "Systematische Anatomie der Monocotyledonen", Berlin. I, 1928; III, 1929; IV, 1930; VI, 1933.
- STRASBURGER, E. : Histologische Beiträge", III, Jena, 1891.
- TROLL, W. : "Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. I. Vegetationsorgane". Lief. I. Berlin, 1935.
- TSCHIRCH, A. : "Angewandte Pflanzenanatomie", Vienna, 1889.
- VAN Tieghem, P. : "Traité de botanique", Paris, 1891.

الفصل الثاني

الخلية

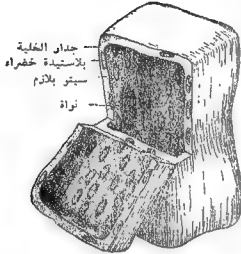
تتكون النباتات والحيوانات من مادة حية تسمى البروتوبلازم ، كما تدخل في تكوينها افرازات هذه المادة . وجسم الكائن الحى بناء بروتوبلازمى يتميز -
الا في الكائنات البسيطة - بتركيب عضوى معقد ، اذ يتكون من أجزاء أو وحدات مستقلة على اختلاف درجات الاستقلال . هذه الأجزاء هي الخلايا ، وهي وحدات متميزة من ناحيتى التركيب والوظيفة ، ويرجع التميز التركيبى الواضح ، وخاصة في الخلايا النباتية ، لوجود طبقة خارجية ، هي الغلاف أو جدار الخلية . والجدار في الخلية النباتية متماسك ، وكثيرا ما يكون متينا وغلظا ، أما في الخلية الحيوانية فهو رقيق أو غير موجود . ومن أسباب التميز الوظيفى للخلايا ، وجود طبقة بروتوبلازمية ذات صفات خاصة تغلف المادة الحية في الخلية وتبطن الجدار وتسمى الغشاء البلازمى . أما جدار الخلية فيغلف الوحدة البروتوبلازمية ويفصلها عن الوحدات البروتوبلازمية في الخلايا المجاورة ، على أن هذا الانفصال غير تام ، اذ توجد في الجدار ثقبوب صغيرة ، تمتد خلالها خيوط بروتوبلازمية تسمى الروابط البلازمية ، وتصل بين المادة الحية في الخلايا المتجاورة . لذلك فالبناء البروتوبلازمى للكائن ، نظام حى متصل ومتماسك ، رغم الجدران التى تفصل بين الخلايا .

استعمالات كلمة « خلية » :

اختلف مفهوم كلمة خلية ، ففى بعض الأحيان يقصد بها البروتوبلازم والجدار معا ، وفى بعض الأحيان لا يدخل الجدار في الاعتبار . فالدارسون الأوائل لتشريح النبات لم يبينوا ، بأدواتهم محدودة القدرة على التكبير ، الا خلايا ذات جدران غليظة وأطلقوا عليها الخلايا ، أو الفتحات ، أو المثانات ، وقالوا عن محتوياتها العصير الغذائى . وقد كان الجدار هو الجزء البارز في هذه الفجوات .

ولما اتضح أن المحتوى الخلوى جزء جوهري ، صار الاتجاه الغالب هو اطلاق كلمة « الخلية » على الجزء البروتوبلازمى وحده . على أن المفهوم الأعم لكلمة الخلية هو الجزء البروتوبلازمى والجدار معا ، لأنهما يمثلان وحدة تركيبية واضحة المعالم ، ولو أننا قصرنا مفهومها على الجزء البروتوبلازمى (البروتوبلاست) فقط ، لما وجدنا كلمة تطلق على الوحدة التركيبية التى تشمل الجدار الخلوى أيضا . حتى أن كلمة الخلية تطلق أحيانا على وحدات تتكون من الجدار فقط، مثال ذلك القصبيات التى ذهبت مادتها الحية ، وأصبح مكانها خاليا هو فجوة الخلية . والأفضل أن تستعمل كلمة الخلية كمصطلح علمى يعنى المادة الحية (البروتوبلاست) والجدار الخلوى معا ، ذلك لأن قصرها على أحدهما دون الآخر تشوبه المصاعب كما يشوبه الغموض ، ولأن الارتباط بين عنصرى الخلية وطيد . والواقع أننا لم فصل بعد الى تبين مغزى هذا الارتباط الوثيق بين البروتوبلاست والجدار . فربما يتضح أن لجدار الخلية الحية طبيعة بروتوبلازمية وليس افرازا خارجيا للبروتوبلاست . واستعمال كلمة الخلية ، بهذا المدلول الذى يشمل البروتوبلاست والجدار ، استعمال أرحب من التعريف المتواتر « الخلية هى جزء من مادة البروتوبلازم يتسم بالتنظيم العضوى والاستقلال المحدود ، ويكون وحدة تركيبية فى الكائن الحى » . على أن من الأفضل استعمال كلمة الخلية فى دراسات التشريح النباتى بمعناها الواسع الشامل غير المحدد ، وسندرج فى هذا الكتاب على استعمالها بهذا المعنى .

تباين التركيب الخلوى فى النباتات



(شكل ٤)

(رسم توضيحي لخلية ناشئة من خلايا النسيج الوسطى فى وردة نبات الليرة تبين الخلية مفتوحة لتظهر الفجوة الوسطى التى تملؤها العصارة الخلوية والنسوة والبلاستيدات الطمسة فى السيتوبلازم الجانبى والجدار رقيق)

كانت الكائنات البدائية: ولا شك وحيدة الخلية أو لعلنا نسميها غير ذات خلايا . أما أجسام الكائنات الراقية فهي متعددة الخلايا ، والخلايا تحدها الجدران . وربما كان الواقع أن الجدران تفصل مناطق نشاط النوى ، ومن المؤكد أن هذه الجدران تحفظ وتدعم الوحدات البروتوبلاستية والكائن جميعه . والظاهر أن لوجود الجدران أهمية عظيمة من ناحيتى التماسك الآلى ، والتخصص الفسيولوجى ، وخاصة فى أجسام النباتات الضخمة . ومن الواضح أن مواءمة الحياة الأرضية وظروف البيئة الهوائية ، والمحافظة على الجسم النباتى الباسق فى مثل تلك الظروف التى لا تتناسب البروتوبلازم ، قد انتهت الى تخصص الخلايا على أوجه متعددة وخاصة فى بناء الجدران ذات الصفات الخاصة .

ومن هذا ما نلاحظه فى النباتات الراقية من تعدد أنواع الخلايا واختلافها فى الوظيفة والتركيب والتنظيم وفى بناء الجدران . فهناك تباين فى الخلايا من ناحيتى التركيب والوظيفة ، وتباين فى علاقات الخلايا بعضها ببعض ، وتباين فى نسق انتظام الخلايا والتماهى فى مجموعات بينها صلات ولها علاقة بجسم النبات جميعه . هذه الأمور تسم التنظيم الخلوى فى النباتات الراقية بالتعقيد ، حتى ليكن أن يقال بصفة عامة ، أن تعقد البناء الخلوى فى جسم النبات يتناسب مع مرتبه فى السلم التطورى .

انتظام الخلايا :

بنسباً انتظام ترتيب الخلايا من نتائج انقسامها فى مستوى واحد (انظر شكل ٤١ وشكل ٩٢) . وتتميز بهذا الانتظام الأنسجة الثانوية التى نشأت عن الكمبيوم

واضرا به (انظر الفصل الرابع) ، وهذا الانتظام صدق في الأنسجة الأولية وخاصة في أنسجة النخاع والقشرة . على أن أغلب الأنسجة الأولية ، لا تنتظم خلاياها في مثل هذا الترتيب ، بل وتفقد الأنسجة الثانوية في بعض الأحيان انتظامها مع تتابع مراحل النمو . ومهما يكن من أمر انتظام الخلايا ونشأتها ، فإن أية مجموعة من الخلايا قد تلتئم في تلاحق موصول ، أو أن تكون الخلايا متباعدة على نحو ما ، تاركة بينها مسافات بينية (انظر شكل ٤٣ وشكل ١٧٣ ب) . وتختلف أشكال هذه المسافات باختلاف ترتيب وأشكال الخلايا المحيطة بها ، وتختلف أيضا في مدى اتصالها ، وفي كثرتها العددية ، وفي اتساعها الذي يتراوح بين الحجم المجهرى الدقيق والمسافات الكبيرة التى تجعل النسيج رخوا أسفنجيا خفيفا (انظر شكل ١٤٩ و ١٨٣) . وتسمى مثل هذه المسافات الكبيرة الغرف الهوائية ، أو القنوات أو الفجوات . وهى تسميات لا يتم استعمالها بالدقة والتحديد ، فالمسافات الكبيرة يقال لها الغرف ، والمسافات المستطيلة يقال لها القنوات .

وتنشأ المسافات بين الخلايا بطريقتين . الأولى أن تنفصل الجدران المتلاصقة ثم تنفصح الأجزاء المنفصلة ، بأن تنقبض أو تتزحزح متباعدة ، وتسمى مثل هذه المسافات بالانفصالية ، وأمثلتها القنوات الراتنجية في نبات الصنوبر (انظر شكل ٥٥ ب) والمسافات الكبيرة التى تتخلل البرنثسية الهوائية في نبات (دكدون)^(١) . أما الثانية ففراغات بينية ، تنشأ عن انقراض الخلايا تاركة في موضعها حيزا . وتسمى المسافات الانقراضية . ومن أمثلتها الفجوات الزيتية في ثمار الموالح (انظر شكل ٥٥ ج) . وربما تنشأ بعض الفراغات بالطريقتين معا ، ويقال لها المسافات الانفصالية الانقراضية ، ومن أمثلتها بمقش فجوات الخشب الأول (انظر شكل ٦٤ ج) . وفي بعض الأحيان لا تسم المسافات البينية في منطقة ما بالانتظام في الحجم أو الشكل أو في ترتيب الخلايا المحيطة بها ، وفي أحيان أخرى ، يكون لها نظام يجعل لها مظاهر تركيبية واضحة في بناء النسيج أو العضو ، ومثال ذلك أن يكون حول المسافات جدران أو طبقات من الخلايا تحدها وتدعمها ، ومثال ذلك الحجب التى تفصل بين الحجرات الهوائية في النباتات المائية . وتكون المسافات البينية عامة جهازا منتظما ، وربما كان من الناحية الوظيفية جهاز التهوية أو التوصيل .

والأنواع الخاصة من المسافات البينية ، مثل القنوات والأنابيب ، تحيط بها خلايا مرتبة بنظام ، تشبه البطانة الظلائية .

شكل الخلية :

لما كان البروتوبلازم مادة شبه سائلة ، فإن الخلية قد تتخذ شكلا كرويا لو أنها كانت حرة مستقلة عما يجاورها . أما إذا كانت الخلايا المتجاورة صلبة متشابهة في الشكل متقاربة في السن نامية في الحجم ، فإن ضغط بعضها على بعض يجعل للخلية شكلا عديد الأوجه ويساوى بين أقطارها . ولكن استمرار النمو والتخصص الذى تتخذه الخلية أو مجموعة الخلايا التى تنهض لوظيفة معينة ، يسبب تباينا عظيما في هيئات الخلايا وصورها، فيكون منها البيضى ، وشبه البيضى، والأسطوانى ، والمستطيل ، والمضلع ، والمفلطح ، والليفى ، والنجمى ، والمفصص ، والمتفرع . على أن هناك نوعين رئيسيين هما شبه الكروي ، وعديد الأوجه ، وتكون الأقطار متساوية أو قريبة من التساوى ، أو أن يكون أحد الأقطار أضعاف غيره ، فيقال عن الخلية مستطيلة . والمراتب الوسيطة بين هذين النحويين عديدة .

أما الخلايا غير المتخصصة ولا المتميزة ، والتى توجد عادة في جماعات متصلة يحوط بعضها بعضا ، حتى ليكون على الخلية ضغط جيران من نوعها ، فانها عادة تتخذ شكلا ذا أربعة عشر وجها. وهو شكل قريب مما يسمى الأربعشرى السطوح، وهو شكل تتمثل فيه صفات الحجوم المتساوية في الحساب الرياضى ، اذا كانت سطوحها أقل ما يمكن ، بحيث تملأ حيزها دون أن تترك فيما بينها فراغات . لهذا الشكل أربعة عشر سطحا، منها ثمانية سداسية الأضلاع، وستة منها رباعية الأضلاع. والواقع أن الخلايا النباتية قد لا توجد على هذه الهيئة المنتظمة قط ، ولكن الخلايا البرنسيمية التى تنتظم في النخاع على هيئة العمود ، قد تكون قريبة الشبه بذلك الشكل الرياضى . فالخلايا السطحية من مثل هذه المجموعات من الخلايا يكون للواحدة — فى المتوسط — أحد عشر سطحا . والخلية البشرة مثل هذا العدد من سطوح التقابل مع الخلايا المجاورة . وعندما توجد المسافة البينية ، يقل عدد سطوح التقابل ، وكلما كبرت المسافات قل عدد هذه السطوح . أما اذا تجمعت خلايا من نوع واحد على اختلافها في الحجم ، فإن للكبيرة منها عادة أكثر من أربعة عشر وجها ، ويكون للصغيرة عدد دون ذلك من الأوجه . ويتوقف شكل

الخلايا الناشئة على شكل الخلية الوالدة ، وعلى اتجاه سطح الانقسام ، وعلى عدد الانقسامات .

حجم الخلية :

حجم الخلية كشكلها متباين دون أن يكون لذلك علاقة بوظيفة الخلية . والخلايا المتناهية الصغر لا توجد عادة في النباتات الراقية . يتراوح طول الفطر العرضي للخلية البرنشيمية ، ذات الوظائف العادية والبروتوبلازم الطبيعي ، يتراوح بين ١.٠ و ١.٥ ملمترا . أما في النخاع وفي الثمار الطرية ، فقد يصل قطر الخلية البرنشيمية الى المليمتر ، وعندئذ تمكن رؤية الخلية بالعين المجردة . أما ألياف الخشب واللحاء ، فتتراوح أطوالها بين ١ و ٣ ملمترات في كاسيات البذور ، وبين ٢ و ٨ ملمترات في عاريات البذور . أما ألياف القشرة والبريسكيل واللحاء الابتدائي ، فهي في الغالب أطول من ذلك ، ولهذا الطول قيمة اقتصادية خاصة ، مثال ذلك ألياف الكتان والقنب . وتبلغ ألياف بعض نباتات الفصيلة الحريمية ^(١) ونباتات الفلقة الواحدة ^(٢) ، أطوالا عظيمة تتراوح بين ٢٠ و ٥٥٠ ملمترا . وأكبر الخلايا هي اللبنيات ، التي تكون جهازا متفرعا وممتدا في جسم النبات ، (انظر الفصل الرابع) . على أن مثل هذه الخلايا اللبنية ، قد لا تكون خلايا مفردة . إذ هي عبارة عن مدمج خلوي ، ويكاد يمتد بها النمو دون حد . أما أوعية اللبن النباتي ، فتتكون من خلايا ، تم بينها الاتصال خلال تطورها الذاتي .

تكوين الخلية :

تنشأ الخلايا بانقسام خلايا سبقت أو كتل بروتوبلازمية ذات نوى . وانقسام الخلية عملية معقدة تفضى الى انشطار السيتوبلازم والنواة الى جزئين متساويين عادة . وليس للجدار دخل مباشر في هذا الانشطار . وعندما يحدث الانقسام لا يتيسر تمييز الأغشية البلازمية والمادة بين الخلوية ، ولذلك لا يمكن تحديد سطح الانفصال بين الخلايا حديثة النشأة ، أو أن تحديده عسير جدا . ولكن الجدران الجديدة سرعان ما تظهر كإغشية رقيقة عند هذا السطح . أى أن جدران الخلية

Urticaceae (١)

Monocotyledons (٢)

تبدأ نشأتها في هذه المراحل المبكرة . وسرعان ما تنمو الخلايا الناشئة وتكبر حتى تصل الى حجم الخلايا الوالدة .

وتتشابه الخلايا الصّبيّة في الشكل والحجم ، وهي بعد بسيطة التركيب ، أما الخلايا الناضجة فمختلفة ، فالأشكال المتميزة والتراكيب المعقدة والحجوم الكبيرة لا توجد في الخلايا الصّبية . ويتضمن نمو الخلايا زيادة في الحجم واتخاذ الأشكال والتراكيب الخاصة . ونظرا لأن الجدار ينشأ في المراحل المبكرة لنشأة الخلية ، فإن هذه التغيرات التي يحدثها النمو تشمل البروتوبلازم والجدار الخلوى معا . والواقع أن البروتوبلازم هو الجزء النشط ، وهو الذى يسبب التغير ويستجيب الجدار له . والصفات الطبيعية والكيميائية للجدار تتيح له في مراحل النمو أن يتواءم مع تلك التغيرات ، وعندما تصل الخلية الى تمام مرحلة النضج يصبح الجدار ثابتا . أما مراحل نضج البروتوبلاست فتتضمن تغيرات كثيرة نذكرها باختصار : يصبح حجم النواه النسبى - أى بالنسبة لحجم الخلية - صغيرا : ويصبح السيتوبلازم أرق حجوما وحييائه أقل ، ويبدأ ظهور الفجوات العصارية وهي صغيرة متفرقة في أول الأمر ، ثم تتصل في أغلب الأحيان مكونة فجوة وسطية كبيرة تدفع السيتوبلازم الى جوانبها بمحاذاة الجدار، أما اذا كانت الفجوات موجودة أصلا في الخلية الوالدة على نحو ما يوجد في خلايا الكميوم وتناحها ، فيتضمن التغير شكل الفجوات وأحجامها ، ويزداد حجم البلاستيدات وأعدادها ، وربما نشأت أنواع خاصة من البلاستيدات . أما مراحل نضج الجدار فتتضمن اتساع الرقعة وازدياد الثخانة ، وما يتبع ذلك من تعقد الشكل ، وتغير التركيب الكيماوى والصفات الطبيعية ، على نحو ما سنفصل فيما بعد .

انتظام الخلايا أثناء النمو :

كثيرا ما يسبب النمو تغيرات في صلات الخلايا وأوضاعها بالنسبة لبعضها البعض . وقد يؤثر هذا التغير على سطوح الخلية جميعا ، أو يؤثر على مواضع منها . وفي كثير من الخلايا لا تتساوى أجزاء الجدار في سرعة النمو ، وفي المساحات التى يكون نموها أسرع وأعظم ، يكون التغير في الصلات بين الخلوية أشد . وتكون الخلايا الخاصة أو ذات الأشكال والأحجام المتطرفة - مثل خلايا الأوعية الخشبية الكبيرة ، والألياف وبعض أنواع الخلايا الحجرية - تغير صلات

الخلايا تغييرا شديدا ، ومن ذلك أن تمتد أطراف الخلايا أو فصوصها بين الخلايا الملاصقة أو المجاورة أو تمتد الى الغرف البينية . أما خطوات هذه التغيرات فلم يتم فهمها بعد ، فالصلات الجديدة التي تنشأ نتيجة لامتداد أطراف الخلايا ، تقتضى انفصال جدران الخلايا ، أى أن المواد التي تلتصق الخلايا اما أن تتغير أو تزول . كذلك تتمزق الروابط البلازمية وتتفرق مساحات اللينقر الابتدائية وربما النقر المزدوجة التي أوشك أن يتم تكوينها .

تختلف الآراء في شأن نشأة الصلات الجديدة بين الجدران . وقد كان الشائع وصف النمو الانزلاقى كأساس لهذا التغير . ثم كان الكلام حديثا عن النمو الانحشارى، والنمو التوافقى كبديلات جزئية أو كلية ، عن فكرة النمو الانزلاقى . على أن واقع التغيرات في الخلايا العديدة يتضمن الأنواع الثلاثة .

والمقصود بالنمو الانزلاقى أن ينزلق جدار خلية ما — أثناء نموها — على جدران خلية ملاصقة، ويكون الانزلاق على سطح الاتصال ، وبذلك تنشأ مساحات اتصال جديدة ، لم تكن موجودة أصلا بين هذه الخليقتين المجاورة والقرية . والمفروض أن هذا النمو يتضمن حركة فعلية ، وأن الجدار يمتد وتتسع مساحته اتساعا يشمل حيزا كبيرا منه ، أو يشمل الجدار جميعا ، وتتبع عن ذلك حركة انزلاق وتمدد . ومن أمثلة هذا النمو الانزلاقى :

(١) تكوين خلايا جديدة من الكميوم تتيح زيادة قطر طبقتة ، وأن حجم وشكل ووضع هذه الخلايا الجديدة ليدل على نمو جدران الخلية جميعا ، وعلى انزلاق الخلايا واحداث سطوح اتصال جديدة (انظر شكل ٩٨) .

(ب) نشأة خلايا اللحاء والخشب الناضجة من الكميوم ، وفيها تشاهد المساحات القرية غير المتقابلة في خلايا اللحاء ، والنقر المفردة في خلايا الخشب مما يدل على النمو الانزلاقى . وامتداد الفصوص والفروع في بعض أنواع الاسكلريدات مشال للنمو الانزلاقى لأجزاء من جدار الخلية .

ويقال أيضا ان النمو الانزلاقى يملل الحالات المتطرفة لتغيرات الاتصالات الخلوية ، والتي يسببها اندفاع الخلايا بقوة الضغط الى مواضع جديدة ، أو أشكال شاذة (انظر شكل ٤٩ د) . ومشال ذلك ما ذكرناه عن نمو الخشب الثانوى

وما يصاحب نمو أوعيته من تغيير في انتظام الخلايا . وفي حالة الخشب مسامى الحلقات^(١) (مثل البلوط) ، قد يسبب الازدياد الكبير والسرير في حجم العناصر الوعائية ضغط الخلايا الصغيرة المجاورة والقرية أو مطها أو تمريرها أحيانا ، (انظر شكل ١٩٢) . وتتخذ هذه الخلايا أوضاعا جديدة ، وتشغل سطوح اتصال بالخلايا المجاورة مساحات كبيرة من جدرانها . وانزلاق الخلايا بعضها فوق البعض وسيلة جلية لتغير أوضاعها . ولكن بعض التغيرات الخاصة لا يمكن أن تستمر النمو ، وقد قيل في تعليلها ان الخلايا الصغيرة تنقسم وتتضاعف ، وللم يقم على ذلك دليل من المشاهدة ، وحتى ذلك التعليل لا يشرح الأشكال المتطرفة في الشذوذ .

أما فكرة النمو الانحشاري ، فتفترض المط غير المتكافئ لأجزاء الجدار ، أى أن الزيادة في حجم الخلية زيادة موضعية وليست شاملة ، وينتج عن مثل هذا الوضع ، بروز الأجزاء المستحدثة الى ما بين الخلايا المتاخمة ، وامتدادها في المسافات البينية . أما أجزاء الخلايا الأخرى التي نشأ الاتصال بينها وبين الخلية النامية ، فقد تكون بدورها في نمو وتمدد ، وقد لا تكون . في هذا النوع من النمو لا يفترض حدوث انزلاق حقيقي ، والاتصالات الخلوية الجديدة ، تتم بين مساحات مستحدثة من الجدار الخلوى . وقد سميت استطالة أطراف الألياف والقصبيات والعناصر الوعائية نموا انحشاريا ، ولكن يبدو أنها نمو انزلاقى أكثر مما هو انحشارى ، أو أنه نمو يجمع بينهما . ومن الأمثلة البارزة للنمو الانحشارى المطرد تكون الخلايا البينية في الأعشاب البسطة^(٢) (الفصيلة العشارية^(٣)) والفصيلة الأبوسينية^(٤) . اذ يستمر امتداد أطرافها النامية ، حتى تطل مواضع هذه الأطراف في المرسيمات الطرفية في النبات جميعه .

ولا شك أن أكثر النمو الانزلاقى والانحشارى يحدث والخلايا صبية نامية ، ولكن يظهر أن بعض هذا النمو ، قد يحدث بعد أن تدخل الجدران مراحل النضج . ففي الخشب الثانوى ، قد تنفصل الخلايا المتلاصقة بعد أن يبدأ تكوين الجدران الثانوية والنقر ، بدخول أطراف خلايا نامية من جيرانها فيما بينها . وتصبح مثل

ring-porus wood (١)

Asclepiadaceae (٢)

Apocynaceae (٣)

هذه النقر عاطلة . وعندما يتم نضج الخلايا يقال لها نقر مكفوفة أو بينية أى نقرة فى جدار خلية ليس لها ما يقابلها فى جدار الخلية المتاخمة . وربما أطلت النقرة المكفوفة على مسافة بينية تفصلها عن نقرتها الزميلة . ويذكر فى هذا الصدد أن "نقر المزدوجة غير المكفوفة قد تبدو فى القطاعات (تحت المجهر) كأنها حق الجدار جزئيا ، ويرجع هذا الى أن القطاع مر بالنقرة فى اتجاه مائل . ونذكر أ أن النمو الانحشارى ، قد يفضى الى تغضن جدار طرف الخلية المندفع .

أما النمو التوافقى ، فيقصد به نمو جماعة من الخلايا الصبية نموا يشملها جميعا ، مع توافق فى الانتظام والشكل بين أفراد المجموعة كافة . فى هذه الحالات ينمو جدار الخلية كله . وتتخذ الخلية أشكالا جديدة وأوضاعا جديدة ، دون أن يتضمن ذلك صلات جديدة ، لم تكن من قبل ، ولا حركات انزلاقية أو انحشارية . فمجموعة الخلايا تنمو معا وجدرانها متلاصقة لا تنفصل ولا يتخبر نظام اتصالها ، انما توائم الخلايا بين أشكالها وحجومها والضغط والجذب الذى ينشأ عن نموها . ولاختلاف سرعة انقسام الخلايا وسرعة نموها أثر كبير على النمو التوافقى . ومن أمثلة هذا النمو التوافقى ، نمو الخلايا الناتجة عن المرسثيم الثقوى .

ولا شك أن الأنواع الثلاثة موجودة . فالنمو التوافقى يميز مجموعات الخلايا أو كتلها فى مراحل النمو المبكرة . وقد تواترت الأدلة على حدوث النمو الانزلاقى فى أمثلة متعددة من الأنسجة . ولا شك أن الفرق بين النمو الانزلاقى والنمو الانحشارى فرق فى المدى وليس فى النوع ، ويعتمد التمييز بينهما على تعريف ماهية طرق نمو الخلية . فاذا اقتصر النمو على جرح صغير عند قمة الخلية ، ينمو وينشئ مواضيع التقاء جديدة بينه وبين الخلايا المجاورة ، سمينا ذلك نموا انحشاريا ، أما اذا كان النمو فى منطقة من الخلية غير طرفها ، فذلك يستلزم حركة من النوع الانزلاقى .

البروتوبلاست

تشتمل الخلية على جزئين مختلفين فى التركيب وفى الوظيفة : جزء وسطى هو البروتوبلاست ، وجزء يحوطه هو جدار الخلية . والبروتوبلاست هو الوحدة الخلية من مادة البروتوبلازم ، التى يتكون منها الكائن الحى . ويمكننا أن نصف البروتوبلاست بأنه وحدة بروتوبلازمية منظمة ، تحوى تراكيب بروتوبلازمية من

أنواع مختلفة ومحتويات غير حية ، بعضها عضوى وبعضها غير عضوى ، ومنها حبوب النشا ، وكربات الزيت ، وحببيات البروتين ، وأنواع عديدة من البلورات وكذلك العصير الحلوى . وتعرف هذه المواد غير البروتوبلازمية بالنواتج الأيضية. وكثيرا ما تعتبر هذه المواد خارجة عن البروتوبلازم ، ولكن الواقع أنها تكون وحدة من الوحدات التى تكون البروتوبلاست، فهى على أقل تقدير ضمن محتوياته، أضف الى ذلك وجود علاقة وثيقة بين هذه المواد والمناشط الفسيولوجية للبروتوبلاست . أما الجدار فيعتبر عادة كجزء واضح متميز من البروتوبلاست ، ويجوز أن يكون انفصالهما هذا موضع شك ، وسنتناول بالتفصيل فيما بعد — عند الكلام على طبيعة الجدار — موضوع العلاقة بين الجدار والبروتوبلاست .

تركيب البروتوبلاست :

يشتمل البروتوبلاست عادة على جزء واضح المعالم يسمى النواة ، هى جزء صغير نسبيا ، لها فى الغالب شكل كروى أو شبه كروى أو قرصى ، ولها أهمية بالغة فى مناشط الخلية . وفى بعض الأحوال الخاصة كالحلايا المستطيلة أو الضيقة ، يكون للنواة أشكال متطرفة كأن تكون شريطية أو مغزلية أو دودية . ويكون لبعض الخلايا نواتان أو أكثر ، على أن كثيرا من الأحوال التى قيل فيها بوجود مثل هذه الخلايا (وخاصة فى مناطق المرستيمات الطرفية والكيمبيوم ونواتجها) شائها قصور فى دراسة الخلايا . أما الجزء الباقى من المادة البروتوبلازمية ، فيسمى السيتوبلازم ، وبه أجزاء متباينة التخصص تقوم بوظائف منفصلة .

غشاء البلازما :

تحدد سطح السيتوبلازم وتغلفه طبقة متناهية الرقة (تحت مجهرية الخثانة) تسمى غشاء البلازما ، وتشبه بالغلاف الذى يحدد قطرة من الماء ، والذى يكون سطح طبقة من الماء الساكن، فيعطل اندغام القطرة فى الماء الكثير ، الذى تقع عليه . ويغلف غشاء البلازما البروتوبلازم تغليفا تاما، يشمل روابطه البروتوبلازمية حتى ليتصل بأغشية الخلايا المتاخمة. ولهذا الغشاء ارتباط وثيق بالجدار، وربما تسرب فى طبقات الجدار الداخلية (لا يبين الشكل وجود غشاء البلازما) ، ويتميز الغشاء بأنه شبه منفذ ، ولهذا أبلغ الأهمية فى المناشط الفسيولوجية للخلية .

البلاستيدات :

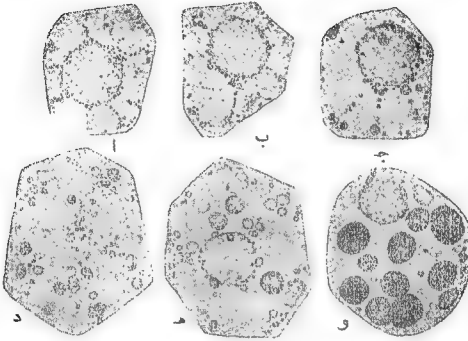
البلاستيدات أجزاء متميزة من البروتوبلازم ، وهى « أعضاء » أو مناطق للنشاط الأيضى ترتبط بوظائف خاصة . وللبلاستيدة غشاء يحوطها ، يظهر أنه شبه منفذ، وتركيب داخلى معقد، وهى فى الغالب ملونة وذات معالم واضحة، أما حجمها فصغير ويوجد فى العادة عدد منها فى الخلية الواحدة ، (أشكال ٧٥ و ٧٦) . وتختلف البلاستيدات فى الشكل ، ولكن الأنواع المدورة هى الغالبة . وتوجد فى بعض أنواع الطحالب . ونادرا ما توجد فى غيرها ، بلاستيدات كبيرة الحجم متميزة الشكل . وقد توجد البلاستيدات فى كافة الخلايا الحية بحجم النبات ، وربما وجدت فى كل خلية فى مراحل تكونها البكرة ، أما فيما بعد ، فربما يقتصر وجودها على خلايا معينة بحيث تكثر أعدادها فى الخلايا ذات الوظائف الخاصة كالبناء الضوئى والخزن والتلوين .

أصل البلاستيدات :

توجد فى الخلايا المرستيمية الناشئة أعداد كبيرة من البلاستيدات الدقيقة التى قد تصل أحجامها الى حدود الرؤية المجهرية ، (شكل ٥) ، وتسمى فى هذه المرحلة البلاستيدات الأولى ، وهى أجسام مدورة لا تشبه البلاستيدات . وينسا تنمو الخلية، تتكاثر هذه البلاستيدات الأولية ، وتتكون منها البلاستيدات الناضجة تدريجيا . وازدياد عدد البلاستيدات بالانقسام ، لا يقتصر على مرحلة بعينها ، على أنه أقل شيوعا فى البلاستيدات الناضجة ، والأرجح أن البلاستيدات تنشأ عن بلاستيدات سابقة .

أنواع البلاستيدات :

توجد عدة أنواع من البلاستيدات واضحة التميز ، إلا أنها تتشابه فى الطبيعة الأساسية . تتنظم هذه الأنواع فى قسمين رئيسيين : بلاستيدات ملونة وبلاستيدات غير ذات لون . وتسمى البلاستيدات الملونة التى تحمل الصبغ الأخضر المسمى باليخضور (الكلوروفيل) بلاستيدات خضر . ونظرا لأهمية هذا النوع فى تركيب الغذاء النباتى ، يوضع فى قسم ثالث ضمن الأقسام الرئيسية . ويسمى ما عداه من البلاستيدات الملونة « كروموبلاستيدات » .

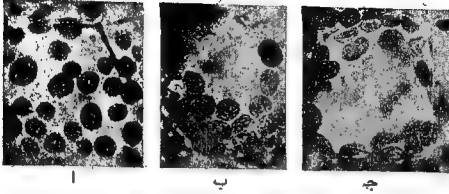


(شكل ٥)

تطور خلية من النسيج الوسطى في ورقة نبات الليرة (١) ومراحل متتابعة تبين حجم النواة وهي تصغر بالنسبة لحجم الخلية ثم ظهور الفجوات والازدياد حجمها ثم تجميعها والتحامها ، وتطور البلاستيدات الخضراء من منشآت البلاستيدات (من راندولف)

البلاستيدات الخضراء :

البلاستيدات الخضراء في النباتات الراقية موحدة الشكل والحجم في الغالب ، وهي على الأعم بيضوية مفلطحة ، أو قرصية الشكل . ويتراوح عددها في الخلية الواحدة بين القليل والعديد ، وهي صغيرة الحجم ، إذ يبلغ متوسط أقطارها خمسة ميكرونات . وتتكاثر بالانقسام ، وتغير في بعض الأحيان أشكالها ، حتى يبدو كأنها شبه سائلة . أما مادة اليخضور (الكلوروفيل) فهي مركزة جميعها أو أغلبها في حبيبات دقيقة كثيرة العدد تسمى الجرانات (شكل ٦) . والظاهر أن هذه الدقائق الملونة منتظمة ومزدحمة على نحو تبدو به البلاستيدة كأنها متجانسة التركيب ، ويلاحظ في بعض الأحيان تخطيط غير واضح ، كأن الجرانات منتظمة في خطوط أو طبقات . ويلاحظ أن البلاستيدات الخضراء أكبر قليلاً في أوراق الظل مما تكون في الأوراق المعرضة لضوء الشمس في النبات الواحد ، وربما كان المحتوى اليخضوري في الوحدة المساحية أكبر .



(شكل ٦)

التركيب الدقيق في البلاستيدات الخضراء (أ) من نبات زعرور الماء (ب) ، (ج)
من نبات الطوديا (أ) ، (ب) الدقائق الخضراء (الجران) كبيرة ومبعثرة (ج)
الدقائق الخضراء صغيرة ومتجمعة في طبقات صفائحية (من هينر)

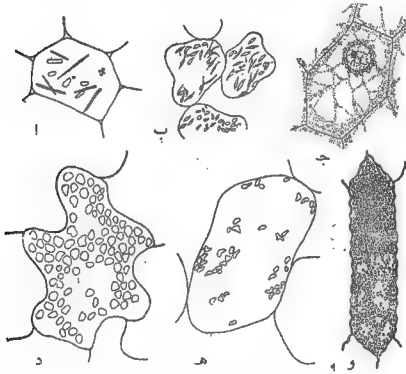
البلاستيدات الملونة :

البلاستيدات الملونة — غير الخضراء — يتراوح لونها من الأصفر إلى البرتقالي إلى الأحمر المصفر . ويرجع اللون عادة إلى وجود مواد الزانثوفيل والكاروتين وأشباه الكاروتين . وتختلف أشكال البلاستيدات الملونة ، إلا أنها في الغالب غير منتظمة الشكل ، ومنها الجبسي ، والزواوي ، والابري ، والمتشعب (شكل ٧) . والمعتقد أن الأشكال غير المنتظمة والمذبية ، يسببها وجود المواد الملونة كالكاروتين وأشباه الكاروتين على هيئة بلورية ومثالها البلاستيدات الملونة في جذر الجزر (شكل ١٧) . أما وظيفة هذه البلاستيدات فغير واضحة . فإليها يرجع لون الكثير من الأزهار والثمار ، ولكنها توجد في بعض المناطق الأخرى كالجذور . والشائع أن البلاستيدات الملونة ، تنشأ من تحول البلاستيدات الخضراء ، ولكنها قد تنشأ أيضا من بلاستيدات صغيرة غير ذات ألوان .

بلاستيدات غير ملونة :

يضم هذا القسم أنواعا مختلفة من البلاستيدات غير الملونة . ولعل أصول البلاستيدات جميعا في المراحل الأولى من تكونها غير ذات ألوان ، ولكنها تسمى البلاستيدات الأولى كما ذكرنا من قبل ، وما نقصد إلى وصفه الآن هي تلك البلاستيدات الناضجة التي لا تتميز بلون ما . وهي كثيرها من البلاستيدات مختلفة الأشكال ، وبعض أشكالها المتطرفة عصوية . ومن ميزات أن تغير أشكالها يسير . وهي في الغالب بالغة المرونة ، ولها علاقة وثيقة باختزان الطعام ، ولا شك أن

لها وظائف أخرى لم تكشف بعد . ومن البلاستيدات غير الملونة نوع يختص بتكوين حبات النشا في مناطق التخزين (تسمى البلاستيدات النشوية) ومنها ما يختص بتكوين الزيوت والمواد الدهنية واختزانها ، وتسمى البلاستيدات الدهنية ، وهي من مثل النوع الأول ، إلا أنها تختلف في الوظيفة في بعض الأحيان . أما البلاستيدات غير الملونة التي توجد في خلايا البشرة وشعيراتنا ، فهي في أغلب الظن بلاستيدات تالفة أو ساكنة .



(شكل ٧)

البلاستيدات . البلاستيدات الملونة : (ا) في خلايا قشرة جذر ، (ب) في خلايا
الاجزاء اللحمية من ثمرة البطاطس ، (و) في خلايا التبرعم من زهرة الهندباء ،
البلاستيدات غير الملونة ، (ج) في خلايا التخزين الصغيرة في اللبنة

والواقع أن البلاستيدات بأنواعها المختلفة ذات طبيعة واحدة ، والدليل على ذلك ، يسر تحولها من نوع الى آخر . مثال ذلك تحول البلاستيدات الخضراء في الثمار الفجة وبتلات أكمام الزهر الى بلاستيدات ملونة في الثمار الناضجة والأزهار المتفتحة ، وتحول البلاستيدات غير الملونة في درنات البطاطس الى بلاستيدات خضراء اذا تعرضت للضوء .

توزيع أنواع البلاستيدات :

قد توجد البلاستيدات الخضراء في أى جزء من النبات معرض للضوء ، وربما وجدت في بعض الأنسجة التي تبدو بعيدة عن الضوء مثل خلايا الخشب في كثير من نباتات الفصيلة الوردية^(١) والفصيلة الطلنجية^(٢) ، وفي الأجنة والأندوسبرم ومثال ذلك بذور بعض ثمار الموالح . وقد توجد البلاستيدات الحمراء والصفراء أيضا في أعضاء النبات ، ويتصل وجودها بالتعرض للضوء ، وهى في الغالب موجودة في الثمار والزهور . أما البلاستيدات غير الملونة فهي موجودة غالبا في الأجزاء التي لا تتعرض للضوء . وسنعود الى الكلام عن البلاستيدات وتوزيعها ووظائفها ، عند تناول أنواع الأنسجة المختلفة كالكلونشيسمة ، والقشرة ، والأعضاء المختلفة كالورقة ، والبتلات .

ويحتوى السيتوبلازم أيضا على أجسام بروتوبلازمية أصغر حجما من البلاستيدات تسمى الكوندريوسومات والميتوكوندريا (السبحيات) . وبعض هذه ولا شك بلاستيدات أولية . على أن تناول هذه الأجسام الدقيقة ودراسة طبائعمها وتوزيعها لا يدخل في موضوع هذا الكتاب .

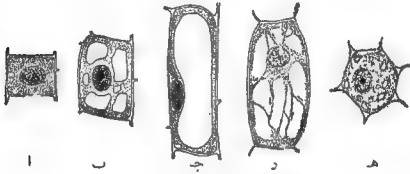
الفجوات والمصرة الخلوية :

يحتوى السيتوبلازم في الخلية الناضجة والكثير من الخلايا الصبية على تجويف أو تجاويف تسمى الفجوات . وتتضح هذه التجاويف كلما تدرجت الخلية نحو النضج ، فتبدأ كنفجوة أو عدة فجوات صغيرة ، ثم تكبر وتتصل حتى اذا بلغت الخلية درجة النضج ، أصبح فيها في الأغلب الأعم فجوة وسطى كبيرة تدفع السيتوبلازم الى الجوانب ، فيصبح طبقة رقيقة تبطن الجدار ، (شكل ٤ و ٨ ج) . وتشتمل هذه الطبقة الجانبية على النواة والبلاستيدات وأغلب المحتويات الأخرى . وأحيانا كثيرة يمتد من طبقة السيتوبلازم الجانبية فريمات تتماسك في غير انتظام وتمتد عبر الفجوة الوسطى ، وفي مثل تلك الأحوال قد تتخذ النواة وضعاً مركزيا في الخلية . وتحتوى الفجوة سائلا هو العصير الخلوى . وتسمى الفجوات وما تحويه من عصير المجموع الفجوى .

(١) Rosaceae

(٢) Ericaceae

أما العصير الخلوي فهو سائل غير بروتوبلازمي ، يتكون من الماء وخليط من المواد الذائبة مثل الأملاح غير العضوية ، والسكريات ، والبروتينات والاميدات والقلوانيات والأصبغ وغيرها . وقد تكون هذه المواد من الأغذية المعدنية ، أو الغذاء العضوي ، أو النواتج الأفرزية أو مواد لا تعرف علاقتها بعمليات الأيض . والواقع أن أهمية هذه المواد الذائبة لم يتم قدرها بعد ، من الناحية الفسيولوجية بالخلية .



(شكل ٨)

١ - ج رسم تخطيطي يبين ثلاث مراحل متتابعة في تطور الخلية : الفجوات تزداد في الحجم وتندغم لتكون فجوة وسطى ويصبح السيتوبلازم طبقة جانبية - د - خلية من شجيرة سراة في نبات حشيشة المنكيوت بين اتجاه السريان في الاشرطة السيتوبلازمية ، هـ - خلية برنثيمية من قشرة نبات بوليچنلا تبين النواة والبلاستيدات والسيتوبلازم القليل (من شارب)

لون الخلية :

توجد المواد التي تكسب الخلية لونها في البلاستيدات أو في العصير الخلوي ، أما الجدار والسيتوبلازم والنواة فهي في الغالب غير ملونة . والمادة الخضراء في البلاستيدات الخضراء هي اليخضور (الكلوروفيل) وهو على نوعين (أ) و (ب) . ويوجد مع اليخضور أصباغ صفراء هي أشباه الكاروتين ، على أن لون اليخضور الأخضر غالباً ما يخفي اللون الأصفر ، وتتضمن هذه الأصباغ الصفراء أصبغاً من الكاروتين والزانثوفيل وهي مواد تعطي اللون الأصفر للأصناف الذهبية من النباتات التي تحوى القليل من الكلوروفيل ، كذلك في الأوراق المبرقشة باللون الأصفر ، أما الأوراق المبرقشة باللون الأبيض فإن أجزاءها الباهتة تحوى بلاستيدات عديمة اللون أو باهتة . وتوجد أشباه الكاروتينات على هيئة بلورية في البلاستيدات الملونة التي تعطي الألوان الصفراء والبرتقالية والحمراء المصفرة للزهور والثمار .

والمجموعة الثانية من الأصباغ النباتية تسمى الفلافونات وهى مواد تذوب فى الماء ، وتعطى العصارات الخلوية ألوانها . ويكون لونها أصفر كما فى بتلات أزهار البوصير^(١) . أما أصباغ الاثوسيانين فهى فلافونات مؤكسدة ، وهى أيضا تذوب فى الماء وتلون العصير الخلوى بالألوان الحمر والقرمزية والزرقة على نحو ما يشاهد فى كثير من الأزهار والثمار . وفى بعض أوراق النباتات ذات اللون القرمزى يجتمع اللون الأحمر الناتج عن ذوبان أصباغ الاثوسيانين فى العصير الخلوى ، مع اللون الأخضر الموجود فى البلاستيدات . وتوجد أصباغ الاثوسيانين أيضا فى الأغصان والأوراق الصلبة ، وخاصة اذا صاحب النمو انخفاض فى درجات الحرارة . وربما وجدت مواد ملونة أخرى وخاصة فى النباتات الدنيا كالطحالب والبكتريا . أما فى الأجزاء الزهرية البيض فلا توجد أصباغ ملونة انما ينعكس الضوء عن الخلايا شبه الشفافة ، التى تفصلها مسافات بيئية فيبدو لونها أبيض .

الوان الخريف :

يتحلل اليخضور — وتموت الأوراق فى بطء — متحولا الى مواد غير ملونة وبذلك يذهب اللون الأخضر ويبدو لون الزانثوفيل الأصفر الذى كان محتفيا . وبذلك يرجع الى الزانثوفيل فى البلاستيدات الخضراء المتدهنة أغلب اللون الأصفر فى أوراق الخريف . أما الألوان الحمر والقرمزية فهى ألوان العصير الخلوى الناتجة عن تأكسد الفلافونات ، وألوانها زاهية ، خاصة اذا تكونت مع وجود السكاكر والشمس الساطعة . والخليط بين ألوان العصير الخلوى ، وبقايا اليخضور وألوان الزانثوفيل ولون جدران الخلايا الذى يتحول الى البنى ، ومواد ملونة أخرى ، هو أصل هذه الألوان المتعددة التى تشاهد فى الخريف . ولا يسبب الصقيع تغير لون الأوراق ، ولكنه قد يسرع بالتحويل . فبعض النباتات التى تتحول أوراقها الى ألوان الخريف الزاهية فى مناطق الجو البارد ، تتحول أيضا الى مثل هذه الألوان الزاهية ، اذا نمت فى مناطق دافئة لا يصيبها الصقيع ، بل ان بعض أغصان الشجر التى قد تموت فى منتصف الصيف ، تتحول أوراقها الى ألوان خريفية .

محتويات البروتوبلازم (النواتج الايضية) :

يحتوى بروتوبلازم الخلية (في السيتوبلازم أو في الفجوة) على أنواع متعددة من الحبيبات الصلبة لمواد عضوية وغير عضوية، بالإضافة الى مواد أخرى كالزيوت والأصماغ والراتنج ، وغير ذلك من هذه المواد ، مثلها مثل المواد الذائبة ، النواتج الغذائية كالنشأ وحبات الأليرون ، ومنها النواتج الافرازية كالبلورات ، ومواد لا تعرف وظائفها على وجه اليقين ، مثل المطاط والمخاط والتانين ، واللبن النباتي والقلوانيات ، وكثيرا ما توجد مواد الأصماغ والراتنج والتانين وغيرها في فراغات الأنسجة الميتة ، مثال ذلك الخشب الصمغي في أشجار السكوبا ^(١) (شكل ٩٩) والماهوجنى ^(٢) ، وخلايا الفلين في أغلب النباتات . وبعض هذه المواد كالنشأ شائع في أغلب أنواع النبات ، وبعضها الآخر يوجد في مجموعة من النباتات دون غيرها .

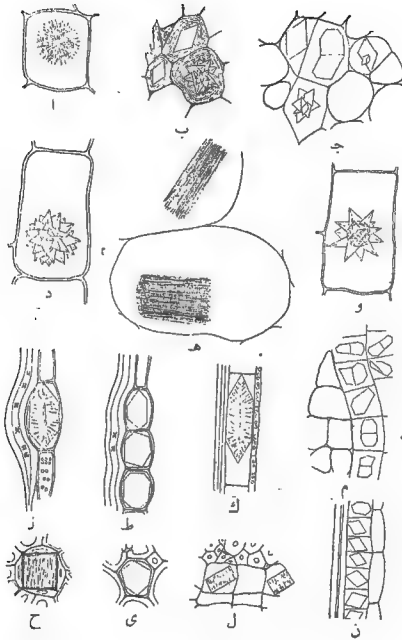
البلورات :

توجد في خلايا النبات أنواع من البلورات ذات تركيب كيميائي متباين ، وأكثرها شيوعا أملاح الكالسيوم وخاصة اكسالات الكالسيوم ، وأقل منها شيوعا أملاح أخرى للكالسيوم وغيرها من المركبات غير العضوية مثل السليكا والجبس ، كما توجد عادة بلورات لمركبات عضوية مثل الكاروتين والبربرين والصابونين . وقد توجد البلورات في أى جزء من أجزاء النبات ، على أنها أكثر في بعض المناطق كالنخاع والقشرة واللحاء . والبلورات على أشكال عديدة (شكل ٩) . والأشكال الغالبة هي البلورات البسيطة المتفرقة معينة الشكل ، أو حزم من البلورات الابرية ، أو تجمعات بلورية تتخذ شكلا كرويا وتسمى البلورات المتجمعة . أما البلورات الابرية المفردة ، والمتشورية الصغيرة ، والدقائق التي تسمى الرمل البلورى فهي شائعة أيضا ، أما الحويصلات البلورية ، التي تعتبر عادة ضمن التراكيب البلورية ، فجزؤها الأكبر يتكون من مادة الجدار .

وقد يوجد في الخلية الواحدة نوع واحد من البلورات ، غالبا ما تكون متجمعة (كالحزم الابرية أو البلورات الوردية) ، وقد يوجد فيها نوعان أو أكثر من

Sequoa (١)

Mahogany (٢)



(شكل ٩)

البلولرات ١ - بلورة وردية من خلية بقشرة ساق فيجربم . ب - بلورة وردية وبلورة
معمية في خلية حجرية من ورقة لوزة نبات الكاربا . ج - بلورات مفردة ومتجمعة
في خلايا النخاع في نبات الحور. د - بلورة وردية في خلايا القشرة من نبات سمبلا سينا
و - بلورة وردية ذات مركز مغسوى في برنشيمة اللحاء من نبات الجوز . ذ ، ح - قطاع
طولى وقطاع عرضى في بلورات من برنشيمة الخشب من نبات اليكان . ط ، ي - قطاع
طولى وقطاع عرضى في بلورات برنشيمة الخشب من نبات الجوز . كه ، ل - قطاع
طولى وقطاع عرضى في بلورات من برنشيمة اللحاء من نبات الزيزفون الامريكى .
٢ - أنواع متعددة من البلورات في برنشيمة اللحاء من التفاح البرى - ن بلورات
معمية من برنشيمة اللحاء في نبات الصفصاف الاسمر

البلورات . ويبدو أن تركيب الكثير من البلورات غير العضوية يشتمل على مراحل تدخل فيها بعض المركبات العضوية . مثال ذلك البلورات الكبيرة التي توجد في خلايا الخشب ، كما أن البلورات الوردية كثيرا ما يكون لها مركز عضوي بارز .

وعادة توجد البلورات الكبيرة ذات الأشكال المختلفة ، كالمنشورات والمعينات وغيرها ، في ألياف الخشب واللحاء ، وفي الخلايا البرنشيمية التي تصاحب الألياف . وتوجد الحزم الأبرية في الخلايا ذات الجدران الرقيقة ، كالحلايا البرنشيمية التي تحوى المواد المخاطية في بعض الأنسجة الرخوة مثل برنشيمية التخزين في الأعضاء الأرضية ، ولب الثمار وأنسجة النباتات المائية عموما . هذه الحزم الأبرية شائعة في ذوات الفلقة الواحدة على وجه الخصوص . أما البلورات المتجمعة الوردية ، فتميز بها برنشيمية القشرة والنخاع وخاصة في السوق وأعناق الأوراق ، كما تكثر في اللحاء .

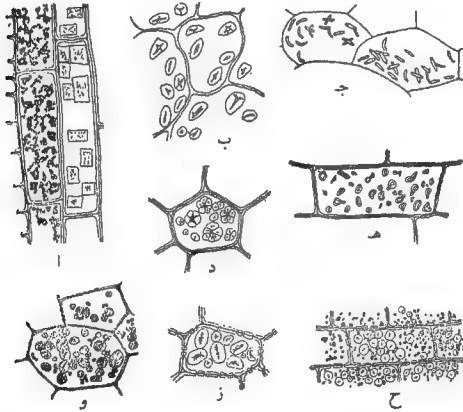
وتكون البلورات في بروتوبلازم الخلية (في الفجوة عادة) ، أو في فراغ الخلية غير ذات البروتوبلازم مثل الألياف . وأحيانا تكون البلورات أو أجزاءها الطرفية منغرفة في الجدار الخلوى ، ولكن الغالب أن تكون معلقة في فراغ الخلية ببيروزات من الجدار . وتكون هذه البيروزات كالعصى ، أو أن تكون شيئا أشبه بالكيس ، الذى يمسك البلورة في وضع وسطى . وقد تملأ البلورة الكبيرة فراغ الخلية حتى لتتخذ الحيز الداخلى للخلية شكلا متناسبا مع شكل البلورة ووضعها (شكل ٩ ب) . أما في الخلايا الاصبعية فقد تملأ البلورة جزءا من الخلية (شكل ٩ ك) .

وفي بعض الأحيان تتخصص الخلية لتخزين البلورات ، ويصبح البروتوبلازم ضئيلا أو معدوما ، ولكن الخلايا العادية النشطة ، قد تحتوى أيضا على وفرة من البلورات . وقد توجد المراحل الأولى من تكوين البلورات في الخلايا الصبية ، فكثيرا ما تحوى خلايا المرستيم الطرفى بلورات صغيرة .

وغالبا ما تكون البلورات غير العضوية نواتج اخراجية لفتنتها عمليات الايض ، وربما دل على ذلك تكون البلورات في الأنسجة التي سرعان ما يتوقف نشاطها الوظيفى ، مثل النخاع والقشرة واللحاء الثانوى .

النشا :

توجد المواد الغذائية على صورة مواد انتقالية ، أو على صورة جسيمات تخزينية ثابتة أو شبه ثابتة . أما المواد الغذائية حديثة التكوين ، فقد تكون ذائبة أو تكون على صورة جسيمات صلبة ، وحبات النشا هي أكثر أنواع المواد الغذائية الصلبة شيوعا . وهى على أنواع متعددة متباينة الأشكال والحجوم . (شكل ١٠) . ومن ناحية الشكل فهى مدورة أو بيضية . وتنشأ عن تزاوج الحبات ، أشكال زاوية مضلعة ، وتتميز بعض النباتات بحبات منتظمة أو حبات عديدة الأوجه . وتحتوى بعض النباتات الأخرى حبات مركبة ، قريبة الشبه بالحبات البسيطة ، ولكن طبيعتها المركبة تتضح عندما تنكسر الى أجزائها وهى حبات



(شكل ١٠)

حببيات النشا والتانين ١٠ - التانين وبمضي البلورات في خلايا برنسيمية من نبات الصنوبر . و - التانين في خلايا النخاع من نبات الشليك . ح - التانين وحببيات النشا في خلايا الاشعة الخشبية من نبات التفاح البرى - حببيات النشا : ب - خلايا النخاع من نبات السويلا . ج - في الفلاف الخارجى لثمرة الموز . د - في قلقة البسلة هـ - في خلايا اشعة اللحاء من شجرة السماد . ز - في خلايا قلقة الفاصوليا

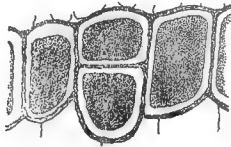
بسيطة صغيرة . وتكون الحبات في الخلية الواحدة اما بسيطة أو مركبة ، أو قد يوجد النوعان معا في الخلية ، (شكل ١٠ د) . ومن الناحية التركيبية تتكون الحبة من ابر الاميلوز منتظمة على نحو اشعاعى . اطرافها المذبية عند المركز وقواعدها ملتصحة مكونة المحيط . وتتميز المنطقة المركزية (التى تسمى السرة) والنطاق المحيطى ، بأنها على درجة عالية من اللمعان . وغالبا ما تشاهد على سطح الحبة طبقات ، كالدوائر المركزية المتتابعة التى تحيط بالسرة ، وفى بعض الأحيان لا يتيسر تمييزها الا بمعاملات خاصة . وقد يكون لهذه الطبقات الدائرية مركز غير وسطى فى الحبات الكبيرة لبعض النباتات كالبطاطس مثلا . ويرجع مظهر هذه الطبقات فى أغلب الظن الى الاختلافات فى المحتوى المائى للاميلوز ، الأمر الذى يعزى الى ما يتعرض له النبات أثناء النمو من تتابع الاختلافات فى شدة الضوء ودرجة الحرارة والرطوبة . أما الحبات التى تتكون فى ظروف بيئية ثابتة فغير صفائية . أما السرة فهى مدورة أو مضلعة ، وتكون فى بعض الأحيان مفصصة أو متشعبة أو نجمية ، وهى كما قلنا على درجة عالية من اللمعان ، أى القدرة على عكس الضوء ، وتتميز بحبب النشا عن البلاستيدات وغيرها من الأجسام البروتوبلازمية والجسيمات الصلبة ، بالسرة ، وباستجابتها للأصباغ .

ويبدأ تكون حبات النشا فى البلاستيدات ، وغالبا ما تكون الحبات فى هذا الوضع ، فالبلاستيدات غير الملونة التى توجد فى خلايا التخزين تبنى حبات النشا داخلها من المواد الغذائية ، التى تنتقل الى تلك الخلايا الخضر . وجملة القول أن حبات النشا ، تنشأ وتتكون داخل البلاستيدات . على أننا لا نعلم على وجه اليقين ما اذا كانت حبة النشا البالغة تتحرر من البلاستيدة ، أو أنها تظل مكسوة بطبقة رقيقة من مادة البلاستيدة .

المواد النتروجينية :

توجد دقائق المواد النتروجينية الصلبة ، مثل الدقائق شبه البلورية أو بلورات البروتين ، فى البذور ونحوها من أعضاء التخزين كالأبصال والدرنات (مثل درنة البطاطس) ، كما توجد على شكل الحبات الاليرونية التى توجد عادة فى بعض البذور فى طبقة خاصة تملئ بها ، ومثال ذلك حبة الذرة (شكل ١١) ويندر وجود الأجسام البروتينية والحبات الاليرونية فى غير ذلك من أعضاء النبات . أما الأجسام

التأنيئة فشائة في نباتات كثيرة وخاصة في أنسجة القشرة واللحاء (شكل ١٠)
وتوجد عادة في الخلايا البرنشيمية، على أنها قد توجد في غيرها من الخلايا الكلونشيمية
والقلمن . وكثرة وجود هذه المواد ، في لحاء أشجار البلوط ^(١) والهملوك ^(٢)
وأشجار غيرها ، تجعل لقلب هذه الأشجار قيمة في الدباغة . والأجسام التأنيئة
دقائق صغيرة حبيبية أو مدورة ، وغالبا ما تكون متصلة في كتل متماسكة . وقد
تكون المواد التأنيئة مختلطة أو ذائبة في المواد الصغية أو المخاطية بالبروتوبلازم .
وتوجد في الخلية بالإضافة الى ذلك مواد صلبة أو شبه صلبة ، كالراتنج والصمغ
والمخاط والدهون وقطرات الزيت .



(شكل ١١)

حبيبات البرونية في خلال اندوسبرم اللدة

جدار الخلية

خلايا النباتات الوعائية جدران خلوية ، الا في بعض الخلايا المتصلة بعمليات
التكاثر، أو بالمراحل المبكرة لتكوين الجنين . والجدار رفيع جدا في نشأته ، ثم يتغير
بوسائل متباينة مع نضج الخلايا . ولعل أهم التغيرات هي الزيادة في الرقعة والغلف
مع تغيير في التركيب الكيميائي ، ومنها ما يطرأ من تغير على البناء العام للجدار ،
كان تلاشي الجدران الطرفية للخلايا التي تكون الأوعية الخشبية . ووجود جدار
واضح ، وخاصة بعد انتهاء المراحل المبكرة من تكوين الخلية ، يبرز معالم الخلية
النباتية ويميزها عن الخلية الحيوانية ، حيث لا تتضح في سير حدود البروتوبلاست .

وقد كانت نشأة الجدار وتركيبه موضع البحث الدقيق خلال السنوات الأخيرة،
وزادت لذلك معارفنا عنها . اذ ظهر تفسير جديد للمراحل الأولى لتكون الجدار

Oak ^(١)

hemlock ^(٢)

الخلوى وهى مراحل كانت تتصف بالغموض ، وأصبحنا نلم بالصفات التفصيلية للجدار مما اقتضى تعديلا فى المصطلحات التى تستعمل فى وصف تركيب الجدار .

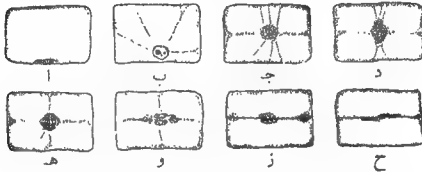
طبيعة الجدار :

الفكرة الشائعة هى أن الجدار يتكون كإفراز سطحى للبروتوبلاست . ومعنى ذلك على وجه التحديد أن الجدار يعتبر طبقة غير حية . هذا هو رأى المتواتر ، ولكن البعض يقولون بأن الجدار فى مراحل نشأته الأولى ، قد يتضمن مادة بروتوبلازمية ، أى أنه يعتبر جزءا من التركيب الحى ، مثله فى ذلك مثل طبقات الجدار المتاخمة للبروتوبلاست ، فيما يتبع من مراحل التكون . كما أن الصفيحة الوسطى قد تتضمن مادة حية فى مراحلها الأولى ، بل ربما كانت كذلك ما بقى نشاط البروتوبلاست . ولو قلنا بأن الجدار مصاحب حى للبروتوبلاست ، لأصبح من اليسير فهم بعض الحقائق التركيبية والوظيفية للخلايا ، ولأصبح أيضا من اليسير تعليل بعضها الآخر .

نشأة الجدار :

يبدأ ظهور الجدار فى المرحلة الختامية لانقسام النواة . فبينما تصل الأنوية الوليدة الطور النهائى للانقسام ، تبدأ خيوط المغزل فى التغلظ عند المستوى الاستوائى للخلية ، كما أنها ترقق قرب الأنوية (أشكال ١٤ ، ١٥ ، ١٦) . وتكون مناطق التغلظ فى خيوط المغزل مع ما يحيطها من السيروبلازم (الكينوبلازم) تركيبا غير واضح المعالم منتفخا كالبرميل المفلطح يسمى الفراجموبلاست . تظهر على الخط الأوسط لهذا التركيب دقات أشبه ما تكون بالقطرات ، لا تلبث أن تكبر فى الحجم حتى تتصل مكونة صفيحة سائلة تتوسط الفراجموبلاست (أشكال ١٢ ، ١٤ ب) . تظهر فى هذه الصفيحة أول الأمر قرص فى وسط الفراجموبلاست ، ثم تمتد جوانبها فى كافة الاتجاهات نحو جدار الخلية الوالدة . وبينما تتكون الصفيحة ، تختفى خيوط المغزل الوسطية ، وكلما اتسع قرص الصفيحة اختفت الخيوط الجانبية ، فيما يلى الوسط ، تدريجيا حتى تلاشى الخيوط الخارجية آخر الأمر . وعندما يتم تكوين الصفيحة بأن تصل حوافها فى كافة أقطارها الى جدران الخلية الوالدة ، تصبح مادتها أقل سيولة ، ويتكون على كل من سطحها غشاء رقيق . والغشاءان ، فى أغلب الظن ، من إفراز المادة الحية فى الخليتين الوليدتين ، وهما أول مراحل تكوين الجدران . تتحول مادة

أما في الخلية ذات الطول والعرض ، أى التى يكون أحد أقطارها أكبر من الأقطار الأخرى ، وخاصة تلك الخلايا بالغة الطول التى تنقسم طولياً (مثال ذلك خلايا الكميوم) فإن الفراجموبلاست يبقى الى ما بعد الانقسام النووى ، ويبنى الصفيحة الخلوية الى مدى يبعد عن النواتين الوليدتين ، ويصل الى أطراف الخلية الوالدة (أشكال ١٣ ، ١٤ ، ١٥) وتختفى أجزاء الفراجموبلاست القطبية وخيوطه

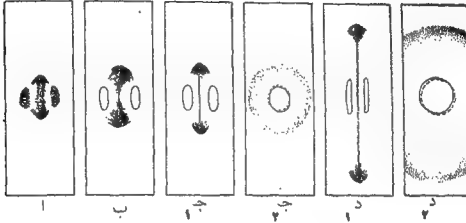


(شكل ١٣)

انقسام خلية ذات فجوة وسطية كبيرة . تزداد كمية الميتوبلازم وتكون طبقة في مستوى تكون الجدار الجديد . النواة تتكور وتنقل الى موضع مركزى . انقسام طبىمى والفراجموبلاست يتسع . (من شارب)

الوسطية عند ظهور الأجزاء الأولى من الصفيحة الخلوية ، وهى الأجزاء التى تتوسط النواتين الوليدتين ، ثم تمتد الصفيحة وتتسع رقعتها فى كافة الاتجاهات كأنها قرص استوائى . وتشبه هذه الخطوات مراحل تكوين الصفيحة الخلوية فى الخلايا ذات الأضلاع متقاربة الطول . وتضاف خيوط مغزلية جديدة فى المناطق الجانبية بينما تختفى الخيوط القديمة القريبة للوسط . والخيوط الجديدة قصيرة تنشأ قرب حدود الصفيحة ، وتنحن أطرافها فى اتجاه الأنوية (شكل ١٤ ج ، د) وبذلك يطرد امتداد الفراجموبلاست ذى الشكل البرملى ، ويصبح كالخزام الحلقى الذى يتكون من الخيوط القصيرة والسيتوبلازم الكثيف . ومع اطراد اتساع الحلقة واختفاء الأجزاء التى تصل الجدران ، تنقطع الى أقواس يطلق عليها الكينوبلازموسومات . وما تزال هذه الأقواس الباقية تتقدم نحو الأجزاء البعيدة من الجدار ، وهى فى هذا التقدم تضيف الى بناء الصفيحة ، وخاصة أجزائها الخارجية ، وما تزال كذلك حتى يتم انقسام السيتوبلازم . وأن وجود الخيوط المغزلية مع استمرار بناء الصفيحة ، وتجدد تكون هذه الخيوط عند أطراف

الصفحة بعيدا عن الأنوية ليدل على العلاقة الوثيقة بين هذه الخيوط وبناء الصفحة .

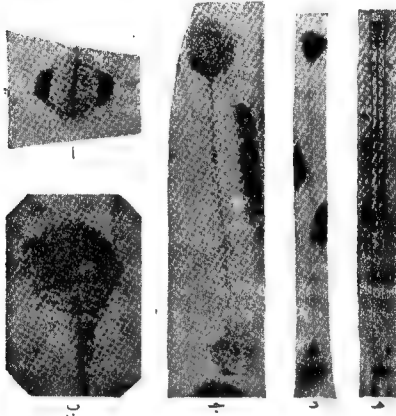


(شكل ١٤)

رسوم تخطيطية لبيان مراحل بناء الجدار الخلوى أثناء انقسام خلية مستعينة ،
منظر قطاع طولى ، ١ - الطور الختامى فى الانقسام التوى : الفراجموبلاست يمتد
فى الاتجاه الاستوائى مع ظهور قطرات مادة الصفحة الخلوية على طول الخط
الوسطى . الخيوط القولية تختفى فى المناطق القطبية والوسطية ب - نشأة الصفحة
الخلوية باندماج قطرات مادتها فى الجزء الأوسط من الفراجموبلاست تظهر خيوط
منزلية جديدة على الجوانب الاستوائية للفراجموبلاست بينما تختفى الخيوط
القديمة تدريجيا ، ج - ١ - الفراجموبلاست أصبح كالحزام الحلقى ويستمر
امتداده الى الجوانب وبه تتسع رقعة الصفحة الوسطى فى كافة الاتجاهات ،
ج - ٢ - قطاع براوية قائمة على ما بينه الرسم ج ١ - الفراجموبلاست يكاد يصل
امتداده فى وسط الخلية الى جدران الخلية الأم . بدأ ظهور الصفحة الخلوية كنشاء
رقيق ولكنه لا يظهر فى هذا الرسم ، د ١ - امتد الفراجموبلاست والصفحة الخلوية الى
ما بعد المرحلة السابق ذكرها . د ٢ - قطاع براوية قائمة على ما بينه الرسم
السابق ، يظهر الفراجموبلاست كدائرة اتصلت بالجدران الجانبية فى الجزء الأوسط
من الخلية ، حيث يتم هذا الاتصال يفتنى الفراجموبلاست ويبقى منه قوسان يستمر
امتدادهما حتى نهاية الخلية . الصفحة الخلوية قد وصلت الى الجدران الخلوية
الجانبية فى وسطها وبذلك تنقسم الخلية فى منتصفها بينما لم يتم انفصال
الاجزاء الطرفية بمد

تبدو حلقة الفراجموبلاست ، وهى تتسع بعيدا عن الأنوية الوليدة فى المنظر
الرأسى ، كأنها هالة تحيط بالنواتين ، تسمى هذه الحلقة الدائرية الفراجموسفير .
وقد اختلف أمر النواتين على البعض فظنوها خلية واحدة ذات نواتين وكان ذلك
سببا للقول بأن الخلية المرستيمية ذات نواتين . ولكن الواقع أن النواتين فى خليتين
تفصلهما الصفحة الخلوية الحديثة النشاء ، والتى تقع على سطح القطاع ، ولا يكون

من اليسر تمييزها . والواقع أن التركيب الذي يبدو سببا لهذا الخلط ، هو منظر رأسى للمرحلة الختامية للانقسام الخلوى . أما القطاع الطولى فيظهر الفراجموبلاست كجسمين مدورين أو كمية الوند ، يقمان عند طرفى الصفيحة الخلوية رقيقة التكوين (أشكال ١٤ ج ، د و ١٥) .



(شكل ١٥)

تكون الجدار أثناء الانقسام الخلوى فى الخلايا منشآت الكامبيوم فى الصنوبر العزيرى كما يبدو فى القطاع الطولى القطرى ١٠ - الطور الختامى فى الانقسام النوى وبداية تكون الصفيحة الخلوية . ب - جزء من حلقة الفراجموبلاست التى تشاهد فى الرسم التالى . ج - مرحلة تالية لما هو مبين فى الرسم ١ توضح التقدم فى بناء الصفيحة الخلوية وامتدادها كما تبين جزئين دائريين من حلقة الفراجموبلاست . تظهر فى هذا الرسم واحدة من النواتين الزئذيتين . د ، هـ - أطوار تالية فى بناء الصفيحة الخلوية ، النواة الكبرى التى تظهر فى الرسم . هـ توجد فى خلية مشاخمة . (من بالى)

أما فى خلايا بداءات الكميوم ومنشآت الكميوم ، وعناصر الأنايب الغربالية والألياف الصغيرة وغيرها من الخلايا المستطيلة ، فإن اتساع الصفيحة الخلوية يصل الى درجة بالغة ، وغالبا ما يكون شكل الجدار غريبا ، أذ قد يصبح مقوسا أو يتخذ

شكل الكأس نتيجة لتغير مستوى سطح الحلقة التي تحد الصفيحة الخلوية أثناء تكونها . وأن انفصال الفراجمو بلاست الى أقواس ، والبطة الذي يتم به اتمام انقسام البروتوبلاست لظواهر في الانقسام الخلوى ، لم تلق بعد من الدارسين ما تستحق من الاهتمام . فليست هذه الظواهر أعماطا خاصة من الانقسام الخلوى ، بل هى تحورات فى شكل الخلية .

التركيب العام للجدار

تظهر فى الجدران الغليظة التى تتميز بها بعض الجدران الناضجة طبقات متتابعة، تمثل هذه الطبقات تتابعا فى ترسب مادة الجدار، مما تكونه المادة الحية على الصفيحة الخلوية .. وتختلف طبقات الجدار فى تكوينها الطبيعى وتركيبها الكيميائى ، وفى قدرتها على التغير مع ما يطرأ على الخلية من تغير فى الحجم والشكل ، كما تختلف فى مدى تغطيتها للطبقات المبكرة من الجدار ، على أنها جميعا تنظم فى مجموعتين رئيسيتين تمثلان الجدار الأولى والجدار الثانوى . ويتكون الجدار الأولى فى العادة من طبقة واحدة ، بينما يتكون الجدار الثانوى من طبقة أو عدة طبقات هى فى الأغلب ثلاث .

الجدار الأولى :

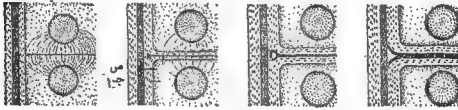
العشاء الذى يتكون على سطح الصفيحة الخلوية هو المرحلة الأولى للجدار الأولى وعندئذ يبدأ نمو الخلية بمتد هذا العشاء ويصبح غير منتظم الثخانة ولكنه يبقى رقيقا ، فإذا فحص بدقة ظهر له تركيب شبكى : أجزاء رقيقة وأجزاء أرق . وفى حالة النمو السريع ، أى الزيادة السريعة فى رقعة الجدار ، قد يظل الجدار على ما هو عليه من الثخانة غير المنتظمة ، أو تتبادل فيه المناطق الرقيقة وغير الرقيقة ، وسرعان ما تتضح من ذلك مناطق محددة يكون فيها الجدار رقيقا ، وتسمى حقول النقر الأولية أو بدءات النقر . وتبدو حقول النقر الأولية واضحة فى منشآت الكميوم (شكل ٨٨ ب) وفى هذه المرحلة تكون خيوط الروابط البلازمية التى تصل بين وحدات المادة الحية التى فصلتها الجدران الجديدة ، كثيرة واضحة وخاصة فى حقول النقر الأولية . ووجود أعداد كبيرة من هذه الروابط يحدد موضع حقول النقر الأولية ، وربما وجدت الروابط البلازمية عبر التركيب الشبكي للجدار فى مراحل نشأته الأولى ، أى أن البروتوبلازم فى الخليتين الوليدتين يظل

متصلا ، على أن هذا الاتصال لم يقم عليه بعد دليل ، ولعل مادة الجدار في تلك المراحل المبكرة مادة بروتوبلازمية ، مثلها في ذلك مثل الصفيحة الوسطى .
ويظل الجدار الحدث رخوا يتواءم مع تغير حجم الخلية وشكلها مما يصاحب استمرار نمو الخلية الصبية ، ويظل التباين في غلظ الأجزاء المختلفة للجدار ، كما يظل التبادل بين مناطق التغلظ والمناطق الرقيقة . وعندما تبلغ الخلية حجم النضج وشكله ، يتخذ الجدار الأولى سمت النضج ، وربما يزداد غلظه ، وهو على هذه الهيئة ، وتتحد مواضع يكون فيها الجدار رقيقا وتسمى النقر ، ويكون منها واحدة أو أكثر في حيز كل من حقول النقر الأولية . ويقتصر وجود الروابط البلازمية في الغالب على تلك النقر ، ولكن قد توجد وصلات متفرقة أو وحيدة خارج حدود النقر . ويتباين التركيب الكيميائي والبنيان الطبيعي وثخانة التغليف في الجدار الأولى في الأنواع المختلفة للأنسجة وفي النباتات المختلفة .

الصفيحة الوسطى :

تتحول الصفيحة الخلوية في غضون المراحل الأولى لتكوين الجدار ، نتيجة للتغيرات الكيميائية والطبيعية ، الى طبقة بين خلوية متماسكة ، هي الصفيحة الوسطى ، التي تمسك الخلايا بعضها ببعض . وقد استعمل مصطلح الصفيحة الوسطى ليدل — في غير توفيق — على الطبقة الوسطى من الجدران ، التي تفصل خليتين متلاصقتين ، والتي تختلف عن غيرها من طبقات الجدار في صفات التصبغ وعكس الضوء . ولكن الواقع أن هذه الطبقة معقدة من ناحية الشكل والتركيب . فهي في هذا الاستعمال غير الدقيق تتضمن الصفيحة الوسطى الحقيقية وهي المادة بين الخلوية ، مضافا اليها الطبقات المتاخمة من الجدار الأولى للخليتين المتجاورتين ، وربما تضمنت أيضا الطبقات الرقيقة الأولى من الجدار الثانوي ، والطبقة بين الخلوية هي الطبقة الوسطى من هذه المجموعة الثلاثية أو الخماسية من الطبقات . والواجب أن نلتزم تحديد مفهوم الصفيحة الوسطى ، لتدل على تلك الطبقة بين الخلوية ، والعذر في هذا الخلط أن من العسير أن نميز الطبقة الوسطى الحقيقية في التحضيرات المصنوعة ، نظرا للتشابه الشديد بين تركيبها الكيميائي وتركيب ما يتاخمها من طبقات الجدار الخلوى . ولا شك أن هذا المصطلح سيظل يعنى في الاستعمال العام غير الدقيق ، يعنى تلك الطبقة المركبة ، ذلك من باب التيسير ، ولكن يجب أن نتذكر على الدوام أنه استعمال غير دقيق .

وفي الموضع الذى يتقابل فيه الجدار الجديد وجدار الخلية الوالدة ، لا يتصل طرف الصفيحة الوسطى الجديدة بالصفيحة الوسطى لجدار الخلية الوالدة ، إنما يفصلهما الجدار الأولى للخلية الوالدة (شكل ١٦) . ولكن الصلة بين طبقات



(شكل ١٦)

مراحل متتامة في تحقيق الصلة بين الصفيحة الوسطى التى يتضمنها الجدار الجديد ، وذلك التى يتضمنها الجدار الجانبى للخلية الوالدة التى تم انقسامها من . الصفيحة الوسطى ل . جدار اولى س . سيتوبلازم (من شارب)

الصفيحة الوسطى تتم بأن تنشأ ، عند تلاقى الجدار الجديد بالجدار القديم ، فجوة في الجدار الأولى للخلية الوالدة ، تبدو مثلثة الشكل في المقطع العرضى . تكبر هذه الفجوة وتتسع حتى تصل الى الصفيحة الوسطى لجدار الخلية الوالدة ، وتمتد اليها مادة الصفيحة الوسطى للجدار الجديد دون أن تملأها ، نتيجة ذلك كله وجود فجوة تسمى المسافة البينية ، تبطنها المادة بين الخلوية . على أن نشأة المسافة البينية غالباً ما تكون أكثر تعقيداً من ذلك ، لأنها قد تنشأ حيث يلتقى أكثر من جدارين ، وفي هذه الأحوال يسبق مراحل نشأة المسافة البينية ، ويصاحب هذه النشأة ويتبعها انفصام الصفائح الوسطى للجدران القديمة المجاورة . وتتصل الفجوة التى تنشأ عن انفصام الجدران الأولى مع تلك الفجوات ، التى تنشأ عن انفصام الجدران ، وما تزال الفجوة التى تتكون تكبر وتتسع بدفع الجدران المحيطة بها تحت ضغط النمو . وفي بعض الأحيان يتقلص حجم الخلايا نتيجة لزيادة حجم المسافات البينية . وفي الأحوال التى يتكون فيها جداران جديداً متقابلان (في خليتين متجاورتين يتم فيهما الانقسام) فإن المثلثين الصغيرين اللذين سبقت الإشارة الى تكوينهما في الجدار الأولى ، يكونان مسافة معينة الشكل . وفي الخلايا المرستيمية حيث يكون الانقسام نشيطاً متتابعاً ، وحيث تكون الجدران جميعاً رقيقة ، يبدو أن المسافات البينية تنشأ عن انفصام الخلايا عند الصفائح الوسطى .

الجدار الثانوى :

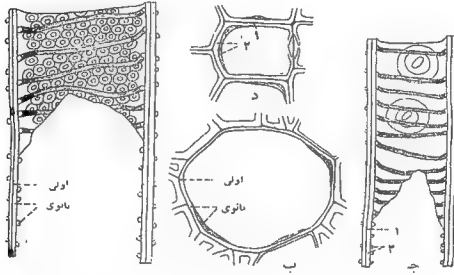
يستمر تغليظ الجدار فى كثير من أنواع الخلايا ، بعد أن تصل الخلية الى حجمها وشكلها الناضج . يقال لمثل هذا الجدار : الجدار الثانوى ، ويختلف عن الجدار الأولى فى عدم قدرته على زيادة رقعته، وأن التغيرات التى تدخل فى تكوين الجدار الثانوى ثابتة غير قابلة للارتجاع . ويغطى الجدار الأولى البروتوبلاست فيما عدا الأجزاء التى توجد فيها الروابط البلازمية ، ثم يتكون الجدار الثانوى فوق الجدار الأولى فيغطيه عدا الأجزاء التى تسمى أغشية النقر . وكلما زاد الجدار الثانوى غلظا ، زادت فجوات النقر عمقا ، وتتخذ الفجوة فى بعض أنواع الخلايا نمطا معقدا مثل النقر المصفوفة . والغالب أن يكون الجدار الثانوى أغلظ من الجدار الأولى ، وهو هكذا فى أغلب الخلايا ذات الجدران الغليظة ، حيث يكون الجدار الثانوى الشطر الأعظم من الجدار الخلوي كله . أما فى القصيبات والأوعية التى توجد فى الخشب الأول ، فإن الجدار الثانوى يغطى أجزاء أقل مما يغطى الجدار الأولى ، فهو يكون حلقات أو أشرطة حلزونية أو أشرطة متقطعة فوق الجدار الأولى الرقيق (شكل ٦٢) .

الطبقات الأخيرة من الجدار الثانوى فى بعض عناصر الخشب والتى تترسب فوق الجدار ، بعد أن يتم تكوين النقر ، تتخذ شكل أشرطة حلزونية رقيقة (شكل ١٧) . ولما كان تكوين الأشرطة بعد تمام بناء الجدار الثانوى ، فإنها تسمى الحلزونات الثالثة أو التفلطات الحلزونية ، والمصطلح الأول يميزها عن الأشرطة الحلزونية الثانوية ، التى توجد فى عناصر الخشب الأول ، والتى تقرب منها شبها وتكون الحلزونات الثالثة فوق الجدار الثانوى الغليظ ، أما حلزونات الخشب الأول فتكون فوق الجدار الأول الرقيق .

التركيب الدقيق للجدار والصفحة الوسطى

التركيب الأساسى للجدار الأولى والثانوى هو تكوين شبكى معقد من مادة السيليلوز ، تملأ فراغات هذا التكوين مواد خاصة ، ربما تتبدل بغيرها فيما بعد ففى الجدار الأولى يصاحب السيليلوز فى مراحل البناء الأولى مواد بكتينية . أما مادة البناء فى المراحل المبكرة من تكوين الجدار الثانوى فهى غالبا السيليلوز وربما كانت خليطا من مادتي السيليلوز ، ونصف السيليلوز (والهيمسيليلوز) .

أما المواد التي تدخل في تركيب الجدار الثانوى في المراحل التالية ، سواء بالاضافة أو بأن تحل محل المواد الأولى ، فهي اللجنين والكيتين والسوبرين وأنواع مختلفة من المواد غير العضوية ومواد التانين والزيوت وكثير غيرها .



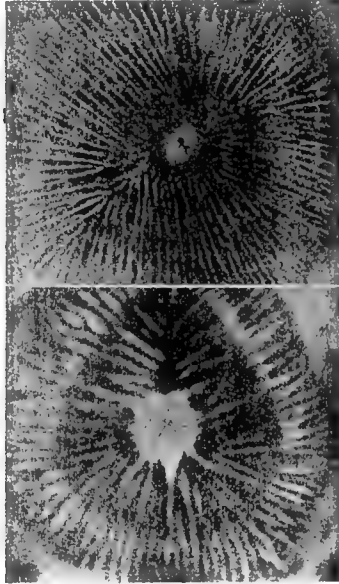
(شكل ١٧)

الجدار الأولي والجدار الثانوى والحلونات الثالثة . ١ - قطاع طولى و ب - قطاع
مرفى فى وهاء من خشب الزيزوفون الأمريكى . ج - قطاع طولى و د - قطاع مرفى
فى نصيبة من خشب الزرنب

وفى التركيب الدقيق، تتكون الشبكة السيليوزية فى الجدارين من حزم متجمعة من اللويفات التى يكون حجمها صغيرا الى حدود الرؤية المجهرية . والمعتقد أن هذه اللويفات تتكون من ميسلات^(١)، أى جزئيات متجمعة ، وربما كان التجمع على هيئة بلورية . وتكون اللويفات نظاما معقدا متشابكا ذا اتجاهات ثلاثة (شكل ١٨) وهى بذلك متماسكة أبلغ تماسك ، ومتصلة فى طول الجدار وعرضه ، وينتج عن الاختلاف فى حجم اللويفات وعددها ونظامها ، صور تركيبية مختلفة . فربما كان النظام مركزيا اشعاعيا فى أغلب أجزائه ، وربما كان على هيئة دوائر مركزية متعاقبة ، والنظام الأكثر شيوعا هو مزاج من الصورتين ، فيكون الأصل هو نظام اشعاعى مع زيادة وتركيز فى عدد اللويفات وحجمها فى مواضع متتابعة ، مما يكون دوائر مركزية .

micellae. (١)

وتوجد في داخل هذا النظام الشبكي قنوات وفرجات تكون نظاما تكميليا آخر ، ترسب فيه مواد أخرى تكون هذه المواد التي تملأ هذه الفراغات نظاما تركيبيا ثانويا تعتمد هيئته أصلا على هيئة النظام الشبكي الأول . أى أن بناء الجدار ، ربما كان من مادتين مثل السيلولوز واللجنين ، وتكون المادتان متداخلتين.

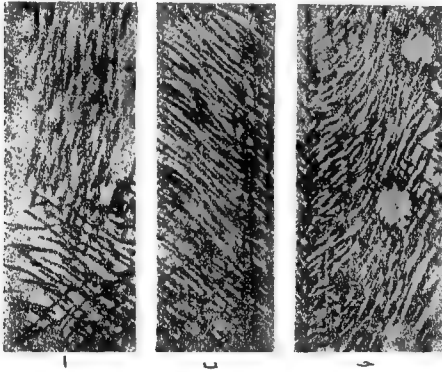


(شكل ١٨)

التركيب الدقيق للجدار الثانوى في قصبة ليفية من نبات الصبورة . الرسم الملوى يبين شكل الجدار بعد اذابة اللجنين وازالته ويوضح النظام الاشعاعى للسيلولوز الذى يبقى بعد تلك المعاملة . الرسم ا سفلى يبين شكل الجدار بعد ازالة السيلولوز ، ويوضح النظام الاشعاعى للجنين . (عن شارب)

وفي الامكان اذابة واحدة من هذه المواد فترك الأخرى بنظما قائمة (شكل ١٨) ويختلف انتظام اللويقات والفراغات ، وأحجامها ، في الخلايا المتشابهة في الأجزاء المختلفة من الخلية ، بل وفي الطبقات المختلفة من الجدار الواحد .

وتنتظم اللويقات بحيث تكون أقطارها الطويلة متوازية مع بعضها البعض ، ومتوازية مع سطح الطبقة التي تكونها . وإذا كانت حزم اللويقات غليظة فربما ظهرت على سطح الجدار الخلوى كخطوط دقيقة . وقد تتخذ هذه الخطوط أى اتجاه ، ولكنها تكون في العادة حلزونية . ويختلف نظام اللويقات في الطبقات المختلفة للجدار الثانوى (شكل ١٩) كما يختلف في طبقات الجدار الأولى عنها



(شكل ١٩)

التركيب الدقيق للجدار الثانوى . هومل الجدار بإدخال تجمعات بلورية من الوريد لتعلا فرجات النظام الشبكي لمادة السيليلوز . وتنتظم البلورات في تواز مع اللويقات وتبين الاختلافات في انتظام السيليلوز في الطبقات المختلفة من الجدار . ذلك في قصبيات الخشب المتأخر في اللاركس . أ - يبين الجزء الأسفل من الصورة النظام الحلزوني في الطبقات الخارجية في جدارى خليتين ملتصقتين ، اللويقات متعامدة . الجزء الأعلى من الصورة يبين اللويقات في اتجاه يكاد يكون طوليا . ب - نقشه ما يظهره الجزء الأسفل من الصورة السابقة تظهر في غير وضوح . البلورات المتكونة في جدار الخلية المتأخرة . ج - تحولات في النظام الحلزوني سببها وجود تقرئين مصفوتين (من بالى وفستال)

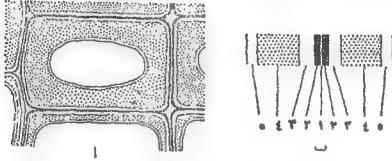
في طبقات الجدار الثانوى المتاخمة ، حتى ليكون ذلك عونا على التميز بين هذه الجدران . وتمتد اللويقات في اتجاهات مختلفة في الطبقات المتتابعة ، ويكون اتجاه خطوط التركيب في الجدران الغليظة محلية ما بزاوية على خطوط التركيب في الجدران المتلاصقة للخلايا المجاورة ، وربما دل ذلك على أن لهذا النظام أثرا على الدعم الميكانيكى (شكل ١٩ الجزء الأسفل) . وفى القصيبات اللينة وألياف الخشب ، يكون المحور الطويل لفتحات النقر المضغوطة المستطيلة موازيا لحزم اللويقات التى تكون الجزء الأوسط من الجدار الثانوى . وتقع فجوة النقرة بين جدران اللويقات الاشعاعية . أى أن شكل فتحة النقرة قد يدل على اتجاه اللويقات فى الجدران الغليظة .

ويبقى الجدار رقيقا فى خلايا كثيرة . على أن ضخامة الجدار فى مراحل تكوينه المبكرة غير متساوية فى أجزائه المختلفة ، حتى لتكون له هيئة التركيب الشبكي ، أما عند النضج فإن انتشار النقر الصغيرة قد يجعل للجدار هيئة غريالية . وفى بعض الأحوال يكون الجدار الأولى بالغ الضخامة مثل خلايا تخزين الطعام فى أنسجة الاندوسيرم ، أو خلايا بعض الأنايب الغريالية ، وربما كانت الجدران الغليظة فى الخلايا الكولنشيمية ، بما تحويه من نسبة عالية للماء ، ربما كانت جدراناً أولية . وفى أحوال كثيرة يكون التمييز عسيرا بين الجدار الأولى الغليظ ، والجدار الأولى المضاف إليه جدار ثانوى ، ما لم يستعن بدراسات خاصة للصفات البصرية لطبقات الجدران .

ولا تستبين الطبقات المتتابعة فى الجدار الأولى إلا بمعالجة خاصة . بل أن المشاهد فى خلايا الخشب وخاصة الخشب الصمى ، أن تكون الجدران الأولية للخلايا المتلاصقة والصفائح الوسطى الواقعة بينها ، قريبة الشبه فى هذا التركيب الكيميائى ، حتى يصعب التمييز بينها . ولعل هذا مرجعه ما شاع من الاستعمال غير الدقيق لمصطلح الصفيحة الوسطى ليدل على طبقة ثلاثية التركيب : الجدران الأوليان والصفيحة الوسطى مع ما يلاصقها من طبقات الجدار الثانوى .

أما الجدار الثانوى ، وهو يمثل الجزء الأكبر من الجدار فى أغلب الخلايا ذات الجدران الغليظة ، فيظهر فيه التركيب الصفائحي ، أى أن تكون به طبقات متتابعة يختلف عددها حتى ليلغ عدة طبقات . وفى الغالب يمكن التميز بين ثلاث طبقات رئيسية ، وخاصة فى خلايا الخشب : طبقة خارجية تلاصق الجدار الأولى ، وطبقة

وسطى غليظة ، وطبقة داخلية رقيقة ، أى أن الحائط الذى يفصل خليتين ، سواء كان المقصود وحدتى بروتوبلاست (خلايا حية) أو فراغين خلويين (خلايا ميتة) ، يتكون من سبع طبقات رئيسية منها ست ثانوية ، وطبقتين للجدران الأولية وطبقة الصفيحة الوسطى (شكل ٢٠) . وكثيرا ما يظهر فى الطبقات الوسطى الغليظة



(شكل ٢٠)

رسم تخطيطى يبين بناء الجدار والصفيحة الوسطى فى جدار خلوى غليظ من ليفة خشبية . ١ - قطاع عرضى فى ليفة وفى الأجزاء المتاخمة من سبع ليفات أخرى .
ب - قطاع عرضى فى جدارين متلاصقين وهو جزء كبير من القطاع السابق وبين :
١ - الصفيحة الوسطى
٢ - الجدار الأولى
٣ - ٤ - ٥ - الطبقات الخارجية والوسطى والداخلية من الجدار الثانوى (من بالى)

من الجدار الثانوى ، عدد من الطبقات الصغرى التى تتباين درجة وضوحها .
والوظيفة الأساسية للجدار الثانوى الغليظ هو الدعم الميكانيكى .

وفى غضون مراحل النضج، تتعرض طبقات الجدران جميعا، بما فى ذلك الصفيحة الوسطى لتغيرات طبيعية وكيميائية مختلفة ، وربما تتعرض لتغيرات أخرى فى مراحل لاحقة ، مثال ذلك ما يحدث من تغير عند تحول الخشب الرخو الى خشب صلبى فالصفيحة الوسطى التى تتكون فى أول نشأتها من مواد بكتينية فى الغالب تتحول الى طبقة بالغة التلجن فى الخلايا ذات الجدران الغليظة ، وتتحول الى طبقة كيتينية فى منطقة البشرة ، دون أن يظهر فيها أثر لطبقات . ومثل ذلك يقال عن الجدار الأولى الذى يتلجن فى أنسجة الخشب والخلايا الاسكلرنشمية . كما أن المواد المعدنية غالبا ما تتراكم فى هذا الجدار الأولى ، وكثيرا ما تصبح تلك الجدران جيلاتينية أو مخاطية فى أنسجة البشرة من البذور والثمار . على أن التلجن والتكون والتسوير ، هى التغيرات الرئيسية فى الجدران الثانوية ، كما أن الطبقات الجيلاتينية شائعة فى الجدران الثانوية لخلايا الخشب .

طريقة بناء الجدار :

لم يتيسر بعد الادراك الكامل للطريقة التى تضاف بها مواد البناء الى الجدار الذى تتسع رقعته وتزداد ثخائته . وقد ورد وصف طريقتين : الأولى هى الترسيب ، أى وضع دقائق جديدة على هيئة طبقات فوق سطح الجدار الذى سبق الى التكوين ، والثانية هى التحشير ، أى وضع دقائق المادة الجديدة بين الدقائق التى تم وضعها . فاذا نظرنا الى الجدار على أنه تركيب شبكى ما تزال تضاف اليه مواد جديدة وتزداد رقعته ، فان فكرة التحشير تصبح مقبولة كوسيلة أساسية فى بناء الجدار . كما أن تمييز طبقات متتابعة فى الجدار الثانوى واتخاذ اللويحات اتجاهات متباينة فى الطبقات المتتابعة ، يدل على أن اضافة مواد بناء الجدران تنحصر فى الطبقات الملاصقة للبروتوبلاست ، وأن الطبقات المتتابعة تدل على تتابع زمنى فى عملية البناء والتكوين . أى أننا اذا أخذنا فى الاعتبار الطبقات الرئيسية للجدار ، لرأينا أن الترسيب هو الطريقة الغالبة فى البناء . فاذا أخذنا كل طبقة على حدة فانا نجد أن بناءها يتم بطريقتى الترسيب والتحشير معا . أما حيث يتسع التركيب الشبكى الأصيل باضافة ميسلات أو لويحات جديدة ، وحيث يتغير التركيب الكيميائى لبناء الجدار بتغير دقائقه ، أو بترسيب مواد جديدة فى فراغات التركيب الشبكى ، فان وسيلة ذلك كله هى ولا شك التحشير .

الروابط البلازمية :

الدليل على العلاقة الوثيقة بين البروتوبلاست والجدار هو وجود كثير من خيوط السيئوبلازم الدقيقة تربط البروتوبلازم فى الخلايا المتلاصقة (شكل ٢١) تسمى هذه الخيوط الروابط البلازمية ، وتملأ الشغرات التى تكتنف الجدران الأولية فى الخليتين . هذه الروابط من مميزات الخلايا الحية ، وهى ولا شك موجودة فى كافة الأجزاء الحية من النباتات الراقية ، وتكون الصلة التى تجعل للبروتوبلازم صفة الاستمرار فى النبات كله على الرغم من انقسامه الى وحدات هى الخلايا التى تحدد معالمها وتميزها الجدران . ونظرا للركة المتناهية التى تتصف بها هذه الروابط ، ونظرا لطبيعتها البروتوبلازمية فان مشاهدتها تستلزم فى أغلب الأنسجة طرقا خاصة للتحضير . وحيثما تلتقى لويحات جدران الخلايا المتاخمة عند الصفيحة الوسطى، فكثيرا ما تشاهد تغليظات موضعية، هى فى الغالب تضخم فى خيوط الروابط البلازمية . يرجع ذلك الى أن المادة بين الخلوية ، تكون

في الغالب بروتوبلازمية في المراحل الأولى لتكونها ، وبذلك تتمزج الخيوط موضعيا مع المادة بين الخلوية . وربما كان هذا التضخم أثرا صناعيا لعمليات التحضير والتجهيز التي تسبق الدراسة التشريحية . وتمكن مشاهدة الروابط البلازمية في سر في نسيج الاندوسيرم في بعض البذور مثل البلح والكمستناء الهندي والكاكي ، حيث يزيد الغذاء المخزن في غلط الجدران . كما يمكن مشاهدتها في أنسجة فلقات بعض البذور . والروابط البلازمية بالغة الرقة في عاريات البذور . ولم تيسر مشاهدة هذه الروابط في المراحل المبكرة من تكون الجدران ، كما أنها تختفى عندما تنمو الخلية ، وفي خلايا القصيبات والأوعية الخشبية حيث يختفى البروتوبلازم وتذهب بذهابه الروابط البلازمية ، وتسد القنوات التي تكتنف الجدار التي كانت الروابط تمر خلالها .

وتكون الروابط في مجموعات أو تكون متفرقة . والعادة أن تتجمع في مناطق محدودة رقيقة من الجدار الحدث ، وهي ما سمينها حقول النقر الأولية . أما في الجدران الناضجة ذات الطبقات الثانوية ، فإن المجموعات الرئيسية لتلك الروابط توجد عبر أغشية النقر ، وهي تلك الأجزاء الرقيقة من الجدار ، التي تفصل بين فقرتي جدارين متلاصقين . وقد قيل ان وجود مجموعات من تلك الروابط في الجدار الأولى يحدد مواضع النقر .

منشأ الروابط :

تمثل الروابط البلازمية - في أغلب الظن - بقايا اتصالات البروتوبلازم في الخليتين الوليدتين ، ورغم أن وجودها لم يثبت بالملاحظة عبر الجدران الرقيقة جدا ، التي يبدأ بها تكون الجدار الخلوي ، فإن وجودها قد يكون واضحا في الخلايا المرستيمية . ففي المراحل الأولى من البناء يكون الجدار شبكي التركيب ، له ثقوب وفراغات تحوى مادة السيتوبلازم دون شك . وطبيعة الصفيحة الخلوية عندئذ غير معروفة ، وهي لا شك تتكون جزئيا من مادة بروتوبلازمية . وبينما تتسرب المواد السيلولوزية والبكتينية في الطبقات الثلاث ، التي تفصل الخليتين الوليدتين ، تصبح الصلات السيتوبلازمية قاصرة على خيوط غليظة في الامكان مشاهدتها .

يسدو أنه كلما زادت رقعة الجدار نتيجة لنمو الخلية زاد عدد الروابط البلازمية . وربما كانت هذه الزيادة في العدد نتيجة لانشقاق الروابط الأصلية .

وفي الغالب لا تستحدث هذه الروابط . أى أن الروابط البلازمية الثانوية نادرة ، وقد تنشأ عندما تستحدث مناطق تلتصق جديدة بين الخلايا التي تنمو . ففي النمو التوافقي تتوزع الروابط البلازمية على رقعة أوسع، وربما صاحب ذلك زيادة عددها بالانشقاق . أما في حالة النمو الانحشاري فمن المؤكد أن الروابط تنمق بينما تستحدث مناطق جديدة لتلتصق الخلايا . فإذا كانت الجدران المتقابلة حديثة التكون ، فإن روابط بلازمية جديدة تنشأ عبرها . ولقد قيل إن مثل هذه الروابط الثانوية لا تتكون قط ، ويستدل على ذلك بأن هذه الروابط لم تشاهد في مساحات التلاقى الجديدة ، بين جدران الألياف الخشبية ، والعناصر النامية في الأوعية . ولكن الواقع أن الروابط البلازمية تشاهد عندما يكون التلاقى بين الأوعية النامية والخلايا البرنشيمية المتاخمة . ولعل وجود هذه الروابط في هجن التطعيم بين الخلايا ذات الأصل الوراثي المختلف لدلائل كافية على أن الروابط البلازمية قد تكون ثانوية النشأة .

الوظيفة :

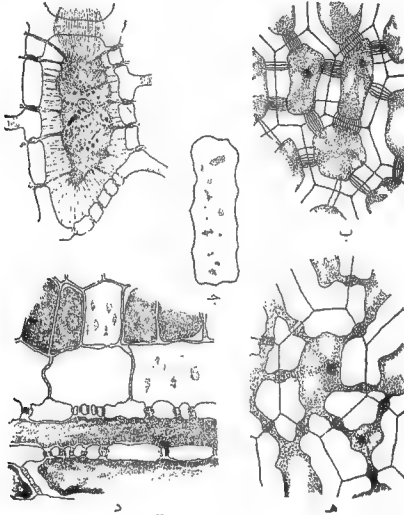
يقول بعض الباحثين بأن الروابط البروتوبلازمية « قنوات لانتقال المواد الصلبة » ويقول آخرون بأنها « ممرات الاحساس والتأثر » . على أن البرهان لم يقيم على أنها تقوم فعلاً بمثل تلك الوظائف . وليس من شك أن لوجودها أهمية متعددة الجوانب ، لأنها تربط بين الوحدات البروتوبلازمية ، التي يتكون منها جسم النبات ، وتجعل منه تركيباً بروتوبلازمياً متكاملًا .

الرسوم والتغيرات في الجدار

النقر :

تظهر أثناء مراحل التغليط المبكرة في الجدار الأولي مساحات واضحة الحدود في حقول النقر الأولية ، تبقى رقيقة لا تغطيها طبقات الجدار . ومع استمرار تغليط الجدار تتكون في هذه المواضع المحدودة انخفاضات أو فجوات في الجدار . والنقرة هي الفجوة وما يحوط بها من جدران ، أى أنها الجزء العارى من الجدار الأولي الذى يقع عند القاع ، والجدران التي تحدد جوانب الفجوة، والتي قد تكون سقفاً . وشاع في الاستعمال أن تدل كلمة النقرة على الفجوة فقط ، دون ما يحوطها من جدران ، ولكن الأفضل أن تشمل الفجوة وأجزاء الجدار التي تقع فيها .

والنقر من المعالم الواضحة في الجدران الخلوية الناضجة . وتباين النقر في أشكالها وأحجامها وكثرتها . وهي موجودة في كافة أنواع الخلايا عدا ذوات الجدران الرقيقة . ووظيفتها في أغلب الظن ، انها مناطق انتشار وتسرب ، أى مناطق



(شكل ٢١)

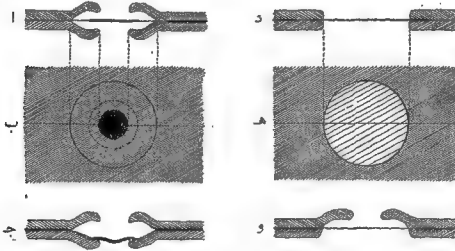
الروابط البلازمية . ١ - خلية من منق الورقة من نبات الماراليا (السيثوبلازم مبلغم)
ج - خلية من قشرة نبات لسان الحية ، وترى الروابط في منظر رأسى . د - في خلايا
القلنسوة الجلدية والقشرة المجاورة من نبات الفول . ب خلايا نسيج الاندوسيرم
في الكاكي . ه - خلايا نسيج الاندوسيرم في البلق

يتيسر فيها التبادل بين محتويات الخلايا ، وربما كانت مناطق لتبادل أشياء أخرى ،
بدليل ما يشاهد عادة في الخلايا الحية ، من وجود مجموعة الروابط البلازمية
في النقر بدرجة أكثر من وجودها في غيرها من مناطق الجدار (شكل ٢١) .

وتعتبر النقر من الميزات التكوينية في الجدار الأولي وحده أو الجدار الأولي المضاف إليه الجدار الثانوي . والنقر التي تكتنف طبقات الجدارين أسير مشاهدة . أما نقر الجدار الأولي ، فلا تكون واضحة الا اذا كان الجدار على درجة من الغلظ .

النقرة المزدوجة :

للنقرة في جدار الخلية نقرة تقابلها وتكملها في جدار الخلية الملاصقة . وتكون النقرتان معا وحدة تركيبية ووظيفية تسمى نقرة مزدوجة . وقد سبب ما شاع من اطلاق كلمة النقرة لتدل على النقرة المفردة وعلى النقرة المزدوجة على حد سواء ، لقد سبب ذلك صعوبات وابهاما في وصف هذه التراكيب . وان ادخال مصطلح النقرة المزدوجة ، ليدل على النقرتين المتقابلتين على نحو ما وصفنا ، يزيل هذا اللبس .



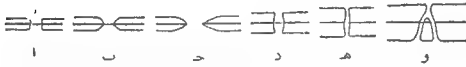
(شكل ٢٢)

رسم توضيحية لاثلاث انواع من النقر . أ ، ب قطاع ومنظر سطحي لنقرة مزدوجة يبين المسافات المرتفعة في نفوس من الجدار الثانوي وفي المسافات التي تحتوى فجوات النقرة التي يفصلها الغشاء الفائق وجزؤه الاوسط مقلد . (التخت) . ج - قطاع في النقرة المزدوجة ذاتها مبينا الغشاء الفائق في وضع جانبي والتخت منضغط على فتحة النقرة . د ، هـ قطاع ومنظر سطحي مزدوجة النقرة بسيطة ولا يتقوس فيها الجدار الثانوي لينحوت بالفجوات ، والغشاء الفائق بسيط ذو تخت . و - قطاع في نقرة مزدوجة نصف مصفوفة وفيها يتقوس الجدار الثانوي فوق فجوة إحدى النقرتين ، وليس لها تخت

للنقرة انخفاض يكتنف الجدار يسمى فجوة النقرة . والغشاء الذي يفصل بين نقرتي نقرة مزدوجة يسمى غشاء النقرة ، أو غشاء غالقاً . وفوهة النقرة

أو ثغرها عند السطح الداخلى للجدار تسمى فتحة النقرة . أى أن للنقرة المزدوجة فجوتين وفتحتين وغشاء واحدا . ويتكون غشاء النقرة من ثلاث طبقات، هى الجدار الأولى فى الخليتين والصفيحة الوسطى . ويلاحظ أن التركيب الكيميائى لأجزاء الجدار والصفيحة الوسطى التى يتكون منها غشاء النقرة مختلف عما عداها من أجزاء الجدار الأولى والصفيحة .

ونميز عادة بين نوعين من النقر : البسيطة والمضفوفة (شكل ٢٢) ، وتكون نقرا مزدوجة بسيطة عندما تكون النقرتان بسيطتين ، ونقرا مزدوجة مضفوفة عندما تكون النقرتان مضفوفتين ، ونقرا مزدوجة نصف مضفوفة ، اذا كانت نقرة بسيطة والأخرى مضفوفة .



(شكل ٢٢)

رسم تخطيطية لأشكال النقرة المزدوجة البسيطة كما تبدو فى القطاع . ١ - جدران الفجوة متعامدة على الغشاء الغالق . ب ، ج - الجدران مائلة بعيدا عن الغشاء الغالق . د ، هـ - الفجوات تضيق قليلا قرب الفتحات . و - زوج من النقر البسيطة المزدوجة وقد اتحدت فجواتهما فى جانب وأصبح لهما فتحة واحدة . ولا تتميز الفجوة فى أى من هذه الأشكال الى غرلة قناة على نحو ما يشاهد فى النقر المضفوفة

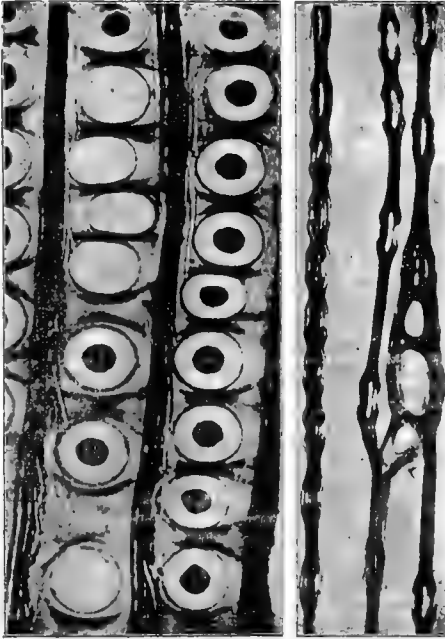
النقرة البسيطة :

هى نقرة يظل قطر فجوتها ثابتا ما استمر تغلظ الجدار ، أو أن يتسع القطر أو أن يضيق قليلا . وغشاء النقرة بسيط التركيب والشكل . ويبدو للنقرة البسيطة فى القطاع ، جدران جانبية قائمة على اتجاه الجدار الأولى أو مائلة نحو الخارج مما يظهر الغشاء الغالق ، أو مائلة قليلا جدا نحو الداخل أى نحو مركز النقرة (شكل ٢٣) . والنقرة البسيطة التى تضيق حجرتها نحو الفتحة تشبه الى حد ما النقر المضفوفة ولكن الغشاء الغالق غير ذى تحت .

النقرة المضفوفة :

أما فى النقرة المضفوفة فإن الجدار يرتفع أثناء تغلظه على نحو يتكون به غطاء أو سقف مقوس فوق الفجوة . ويكون الغشاء الغالق معقد الشكل والتركيب

(أشكال ٢٤ ، ٢٥) . وتسمى النقرة مضغوطة لأن منظرها الرأسي بين دائرة خارجية تحوط بدائرة الفتحة كالضفة . الدائرة الخارجية تمثل موضع ارتفاع



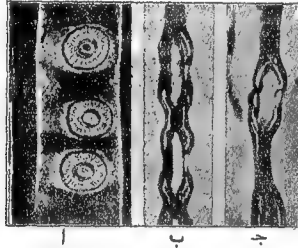
أ

ب

(شكل ٢٤)

نقر مزدوجة مضغوطة في تصبيات خشب المشروطيات . أ النقر في منظر سطح وتظهر
النتوءات الجدارية وحدود الفتحات والتفتحات والفجوات . ب النقر في قطاع وتظهر
الفتحات والفجوات والتفتحات في أوضاع جانبية

الجدار وتقوسه ليكون ضفة النقرة . وتبدو النقرة المصفوفة في القطاع كمفجوة محوطة بالجدار الثانوى (شكل ٢٤) . وعندما يكون الجدار الثانوى غليظا (شكل ٣٠) فإن الفجوة تنقسم الى جزئين ، أحدهما خارجى هو حجرة النقرة ، ومجرى يصل بين هذه الحجرة وفراغ الحلية وتسمى قناة النقرة . أما اذا كان الجدار الثانوى غير غليظ (شكل ٢٢) فلا يتيسر التمييز بين الحجرة والقناة . وللقناة فتحة خارجية تطل على حجرة النقرة ، وفتحة داخلية تطل على فراغ الحلية ، ونذكر أن فجوة النقرة البسيطة لا تتميز الى قناة وحجرة ، ولكن فجوة النقرة البسيطة العميقة التى تكتنف الجدار الغليظ ، تكون أشبه بالقناة لها فتحة واحدة ، تطل على الفراغ الحلوى .



(شكل ٢٥)

نقر مزدوجة مصفوفة ١٠ - منظر سطحي وتظهر فيه تقارب الحلقة الجانبية من فضاء النقرة ، من نبات الاركس x ٥٢٠ . ب ، ج - قطاع طولى يبين التخت فى وضع جانبي ، وفى ج يبدو منضغطا على فتحة النقرة ، نوع من الصنوبر x ١٠٠٠ (من بالا)

أما فى النقرة المزدوجة نصف المصفوفة ، فإن النقرتين تختلفان على نحو ما تختلف النقرة البسيطة عن المصفوفة ، ويكون للفضاء العالق تحت ضعيف أو لا يكون .

ولا يقتصر تعقد التركيب فى النقر المزدوجة المصفوفة على شكل الفجوة ، بل ان غشاء النقرة معقد أيضا . فغشاء النقرة الذى يتكون من جزئين من الجدار الأولى فى الخليتين وما بينهما من الصفيحة الوسطى ، يتميز بتغليظ خاص فى جزئه

الأوسط يسمى التخت محوط به نطاق رقيق غير ذى تغليظ . والطبيعة الثلاثية غير واضحة المعالم ، ذلك لأن الطبقات متشابهة جميعها من النواحي التركيبية والكيميائية ، اذ هي في الغالب مواد سيليلوزية . وفي بعض عاريات البذور يكون الجزء المحيط الرقيق من الغشاء الغالق مثقبا بثقوب صغيرة (شكل ٢٥) ، وربما كانت الثقوب كبيرة حتى يكون التخت معلقا بغشاء شبكي ، وفي أحوال نادرة يكون الجزء الرقيق مهلهلا ويتكون من أجزاء شريطية . وقد استبدل على وجود الثقوب في هذا الجزء من الغشاء بمرور دقات صلبة من مسحوق المداد الهندي من قصبة الى قصبة مجاورة .

وربما يتغير وضع الغشاء الغالق في النقرة المزدوجة المضفوفة فيكون في تلك الناحية من الفجوة أو في الناحية الأخرى . ويرجع ذلك في أغلب الظن الى تغير الضغط في داخل الخلايا . أى أن التخت قد يتخذ وضعاً وسطياً (شكل ٢٢) ، أو أن يكون قريباً أو ملاصقاً لفتحة النقرة على أحد الجانبين (أشكال ٢٢ ج ، ٢٥ ب) . والوضع الجانبي هو نتيجة ازدياد الضغط على التخت حتى يلتصق بالفتحة وربما دخل فيها ولو جزئياً (شكل ٢٣ ج) . وقطر التخت في العادة أكبر من قطر الفتحة ، أى أن الوضع الجانبي للتخت يغلّق الفتحة تماماً فلا يتيّس النفاذ من خلية الى أخرى الا خلال التخت . أما اذا كان التخت في وضع وسطي فان المرور قد يتيّس عبر الأجزاء الرقيقة التي تحوط التخت . ومن البديهي أن المرور في التخت الغليظ مختلف عن المرور في الغشاء المحيطي الرقيق . أما في عاريات البذور فيكون هذا الجزء المحيطي من الغشاء مثقبا وبذلك يسمح بالمرور والتبادل اليسير اذا كان التخت في وضع وسطي . وهذا ما شوهد في عاريات البذور دون أن يقوم عليه دليل بعد في غيرها من المجموعات النباتية . ويتميز الخشب الريحي الحلي بتلك الأغشية التي يمكن أن يحدث فيها تغير في الوضع . أما في الخشب الصيفي فالأغشية ثابتة الوضع . ويقال ان الأغشية تتخذ وضعاً وسطياً ثابتاً في ٢٠ — ٦٠٪ من أنسجة الخشب عامة ، أما الأغشية في الخشب الصيفي فهي مجمدة في الأوضاع التي كانت عليها عند التحول الى الخشب الصيفي . ولهذه الخصائص التي تتميز بها أغشية النقر أهمية خاصة في ضغط المواد الحافظة وغيرها الى داخل الخشب . فالضغط يسبب تمزق أغشية النقر التي تتخذ أوضاعاً ثابتة في الخشب الصيفي والأنسجة الصيفية من الخشب الرخو ، الأمر الذي يسر

مرور السوائل الحافظة . وربما كانت أغشية النقر في الخشب الصيمي مشققة نتيجة لانكماشها مما يسر تمزقها تحت الضغط . أما في الخشب الریعی الحی فان الضغط يسبب تحول الأغشية الى أوضاع جانبية يفلق فيها التخت فتحة النقرة على نحو يصعب معه تمزيق التخت وبذلك يتعذر مرور تلك السوائل .

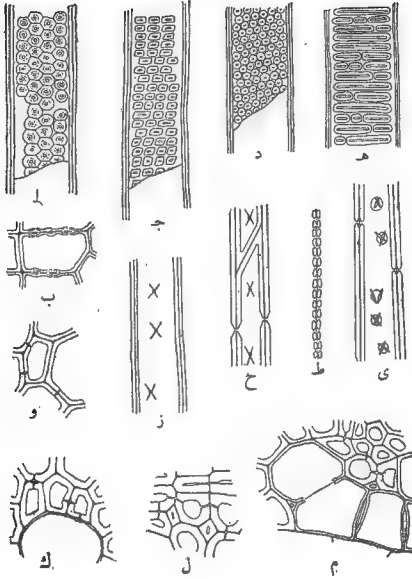
ولا يوجد غير البليل النادر من النقر غير ما ذكرنا ، وربما كانت نقرة واسعة في جدار خلية تقابلها نقرتان أو أكثر من النقر الصغيرة في جدار الخلية المتاخمة وهذا ما يطلق عليه « نقرة مركبة وحيدة الجانب » . وربما كانت النقرة كصفة أى لا يقابلها نقرة في الجدار الملاصق ، وهى في الغالب أشطار نقر مزدوجة انفصمت نتيجة لتغير الأوضاع في الجدران أثناء نمو الخلايا . والنقر التى تبدو مكفوفة في قطاعات الخشب وغيره من الخلايا ذات الجدران الغليظة هى في الواقع نقر مزدوجة مر بها القطاع مائلا .

وتوجد النقر المزدوجة البسيطة ذات القناة التى تضيق قليلا وتدرجيا نحو الفتحة ، في الخلايا البرنسيمية ذات الجدران الغليظة وفي بعض الاسكريدات وغيرها . وقد سمي بعضها خطأ « نقر مضاف » دون أن يكون لها الغشاء الذى تتميز به النقر المضاف ، ولا تتميز فيها الفجوة الى حجرة وقناة . والنقر المضاف من الخصائص المورفولوجية للخلايا موصلة الماء وما يتشعب عنها . ولو سمينا النقر ذات الحدود المقوسة قليلا « نقر مضاف » فان ذلك يعنى غض النظر عن تراكيب شكلية هامة .

وتوجد النقر البسيطة في الجدران الأولية كما توجد حيث الجدران الأولية والثانوية معا . وهى شائعة في أنواع عديدة من الخلايا . أما النقر المضاف فتوجد في الجدران التى تتضمن الطبقات الأولية والثانوية ، وتتميز بها الخلايا موصلة الماء وأنواع الخلايا التى تنشأ عنها . ونوع النقر ثابت في الخلية الواحدة وفي النوع الواحد من الخلايا .

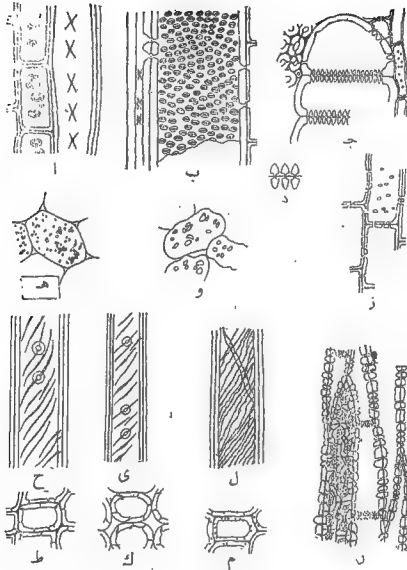
التغيرات في حجم النقر المضاف وتركيبها :

تتباين النقر المزدوجة المضاف من حيث الحجم والشكل (أشكال ٢٦ ، ٢٧ ، ٢٨) . وأهم تحول عن الشكل والحجم المعتادين ، هو ذلك الذى يصاحب التخصص والاختصار على نحو ما يشاهد في نقر الألياف والقصبيات



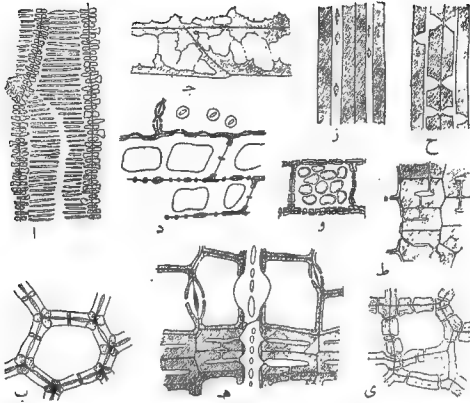
(شكل ٢٦)

نقر مزدوجة مضغوطة . (١) منظر سطحي لزخمة من نقر مزدوجة مضغوطة ذات اشلاخ (ب) قطاع
فيما يبينه الرسم السابق ، نصبية من نبات ا جالس . (ج) منظر سطحي لنقر مزدوجة ذات محيط
مستطيل الشكل ، ومنتظمة في صفوف افقية ، وعاء خشب من نبات الزنبق . (د) منظر سطحي لنقر
مزدوجة ، منتظمة في صفوف حلزونية ، وعاء خشب من الاسفندان الاحمر . (هـ) منظر سطحي لنقر
مزدوجة مستطيلة من وعاء خشب من الماتوليا الزرقاء ، تظهر نفس النقر في قطاع طولي بالرسم ط ،
وفي قطاع عرضي بالرسم م . و ، ذ - نقر مزدوجة ذات فتحات داخلية مسجة كما تظهر في
القطاع (و) وفي المنظر السطحي . من ليفة خشبية ذات جدران غليظة من حود وجراج (ح) نقر
مزدوجة تشبه السابقة من ليفة خشبية من الماتوليا ، كما تظهر في المنظر السطحي وفي القطاع الطولي ،
اما في القطاع العرضي فتظهر في الرسم ل ، ي ، (ك) نقر مزدوجة ذات فتحات داخلية غير متباعدة ،
من ليفة خشبية من التفاح البري . منظر سطحي وقطاع طولي وقطاع عرضي . (م) قطاع عرضي
في ليفة من الماتوليا تبين نقر مزدوجة كبيرة واخرى صغيرة



(شكل ٢٧)

نقر مزدوجة ومظاهر أخرى في الجدران الخلوية . (أ) مجموعات من النقر المزدوجة البسيطة في برنشيمية الخشب ، ونقر مزدوجة مضغوطة صغيرة جدا في الألياف . منظر سطحي من نبات المران الأمريكى . (ب) نومان من النقر المزدوجة المضغوطة في منظر سطحي من وماء خشبي ولينة وقطاع في نقرة مزدوجة نصف مضغوطة بين وماء خشبي وخليية برنشيمية ، نبات الأبنوس . (ج) نفس النقر التي تظهر في الرسم السابق كما تظهر في القطاع العرضي ، وتظهر أيضا نقر مزدوجة بسيطة في منظر سطحي وفي قطاع من خلايا برنشيمية . (د) رسم تفصيلي لنقرة مضغوطة بين أوعية خشبية كانتى تظهر في الرسم السابق . (هـ - و) نقر مزدوجة بسيطة في خلايا برنشيمية رقيقة الجدران ، هـ - من نخاع الزديج ، و - من غلاف ثمرة البطيخ . (ز) نقر مزدوجة بسيطة في خلايا برنشيمية غليظة الجدران من نخاع ياسمين البر . (ح - ط) منظر سطحي وقطاع عرضي للجدار الثانوي في قصبة من خشب الصنوبر المزيى . (ي - ك) منظر سطحي وقطاع عرضي في الجدار الثانوي في قصبة من خشب السكوبا . يبدو في الحالتين التشقق الذي يمتد عبر فتحة النقرة أشبه ما يكون بالفتحة المستطيلة . (ل - م) تأكل الجدار الثانوي بتأثير خيوط فطرية ويبدو كأن الجدار تشققا وبالرسمين منظر سطحي وقطاع عرضي في قصبة من خشب الشماغ (ن) نقر مزدوجة بسيطة في خلايا شمعية وخلايا برنشيمية خشبية ذات جدران غليظة كما يبدو في المنظر السطحي والقطاع . من الخشب الصيفي المتأخر في الماتوليا



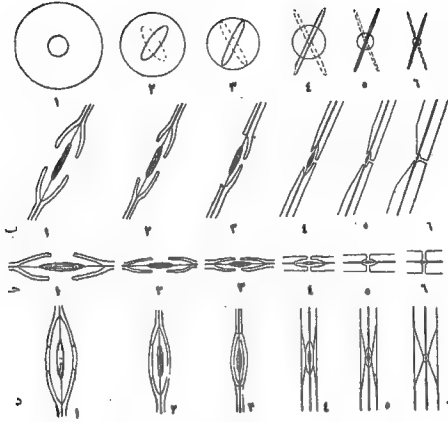
(شكل ٢٨)

نقر مزدوجة . ١ ، ب منظر سطحي وقطاع نقر مزدوجة مضغوطة مستطيلة في نصيبة من خشب سرخس الأسمندة . ج - نقر مزدوجة مضغوطة وتسنتات على الجدار ، قطاع في خلية شمعية جانبية في صنوبر بالكسيانا . د نقر مزدوجة مضغوطة ونصف مضغوطة وبسيطة في منظر سطحي وفي المقطع ، خلايا أشعة خشبية ، قطاع قطري في الصنوبر العزيزي ه - قطاع في نقر مزدوجة بسيطة ، ومنظر سطحي لنقر مزدوجة نصف مضغوطة في خلايا أشعة خشبية ، صفاف إبيش ، د ، ح ، ط ، ز - نقر مزدوجة مضغوطة صغرية في الوضع وقتوات النقر ، التي تصل بين غرف النقر وفراغ الخلية ، شبكة وطويلة ، تبدو هذه النقر في الرسوم الثلاثة في منظر سطحي ، وقطاع طولي وقطاع عرضي على التوالي ، وهي في الألياف خشبية من الكالور . ي - نقر مزدوجة بسيطة في خلايا حجرية من لحاء الشنار

الليفية . ففي النقر المضغوطة المعتادة تكون حدود الفجوة دائرية المحيط وكبيرة ، كذلك تكون الفتحة دائرية (أشكال ٢٤ ، ٢٩) . فإذا كانت النقرة في جدارن رقيقة ، فإن قبة النقرة قد تتخذ منتفخة داخل فراغ الخلية ، مثال ذلك ما يشاهد في قصيبات الخشب الربيعي في « لاركس » وبعض أنواع الصنوبر (أشكال ٢٨ هـ ، ٢٩ ب ، ١) . وهذه النقر كبيرة بالنسبة للخلايا التي تحويها (شكل ٢٤) ، وقد تبدو في القطاع كأنها خلايا دقيقة (شكل ٢٨ هـ) . أما في الخلايا ذات

الجدران الغليظة فان وجود النقرة لا يسبب انتفاخا أو بروزا سطحيا في الجدار .
وتكون بين فتحة الحجرة قناة النقرة ، أى أن الفتحة لا تطل مباشرة على الحجرة .

والشائع في النقر المزدوجة المصفوفة ، أن يقل حجم الحجرة وتضيق الفتحة كلما كان الجدار غليظا . وفي الجدران تطل الحجرة والفتحة الخارجية دائرية المحيط بينما تكون الفتحة الداخلية ضيقة ، وربما تستطيل حتى لتصبح بيضية المحيط أو كالمشق (شكل ٢٩) . فإذا كان ضيق الفتحة الداخلية محدودا فانها تظهر في المنظر السطحي كأنها تمتد نحو محيط الفجوة (شكل ٣١ ٢٩) ، وربما تصل الى حدود هذا المحيط (شكل ٣١ ٢٩) أى لا تكون هناك قبوة عند نقط امتدادها . وربما زاد ضيق الفتحة الداخلية حتى ليمتد شقها الى ما بعد حدود الحجرة على نحو ما يظهر في المنظر السطحي (شكل ٤١ ٢٩ - ٦) . وفي الأحوال التي يزداد فيها تغليظ الجدار بحيث يصغر حجم النقرة ، فانه يلاحظ أنه كلما صغر قطر الحجرة زاد طول الفتحة الداخلية، ولا توجد هذه الفتحات المستطيلة الا في الجدران الغليظة ، ولذلك يكون شكل القناة التي تصل بين حجرة النقرة وفراغ الخلية أشبه ما تكون بقمع مضغوط أو مفلطح (شكل ٣٠) وتكون الفتحة الخارجية لهذه القناة التي تشبه القمع دائرية المحيط . وإذا كانت الفتحتان الداخليتان في النقر المزدوجة دائرية المحيط فهما متقابلتان (شكل ١١ ١٩) ومتطابقتان في الوضع أما اذا كانت الفتحتان الداخليتان مستطيلتا المحيط فانهما متعامدتان في الوضع بشكل منتظم (شكل ٢٩ ٢١ - ٦) . وتعتمد الزاوية التي تقع عليها الفتحة الداخلية على نظام واتجاه حزم اللويفات التي تكون الطبقات الرئيسية في الجدار الثانوي . وتكون هذه الفتحات المتعامدة من العلامات المميزة في نقر جدران الأنسجة الخشبية (أشكال ٢٦ ذ ، ح ، ٢٧) ويكون شكل فجوة النقرة في مثل هذه الأحوال معقدا (أشكال ٢٩ ، ٣٠) . وربما زاد اختزال حجم ضفاف النقر حتى لا يبقى غير نقر مزدوجة أشبه ما تكون بالشقوق بسيطة التركيب (شكل ٢٩ ٦١) ولكنها ما تزال تعتبر من الناحية الشكلية نقرا مصفوفة ونذكر في هذا الصدد النقر التي تتميز بها الألياف المستدقة في الخشب وهى بسيطة وأثرية، حتى لا يكاد يبدو منها غير علامات على الجدار . وفي النقر المصفوفة المختزلة يكون النشاء الغالي بسيطا غير ذى تحت ، وليست له القدرة على تغيير وضعه . ومثل هذه النقر غير قادرة على القيام بالوظائف المنوطة بالنقر .

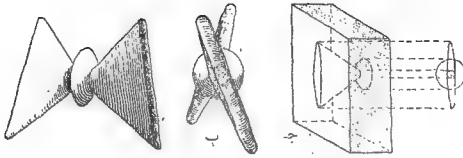


(شكل ٢٩)

رسوم تخطيطية لأنواع متباينة من النقر المزدوجة المصفوفة ، تبين الاختلافات الشكلية التي تصاحب اختلال الحجم والوظيفة والاختلافات في غلظ الجدار . ١ - مناسطر سطحية . ب - قطاعات بمستوى الفتحات المستطيلة . ج - قطاعات مرفسية . د - منظر جانبي للنقرة المزدوجة والجدار الذي يحويها وهو المنظر الذي يتغير به رؤية النقر المزدوجة الصغيرة في القطاعات الطولية للخشب

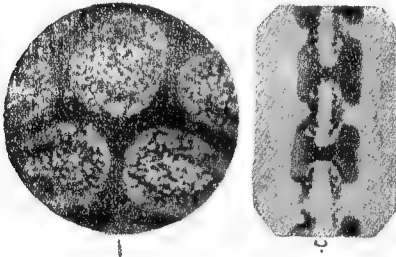
النقر المتركبة :

يكون لبعض النقر زوائد دقيقة على الجدران الجانبية لحجرة النقرة أو على حواف الفتحات ، وتسمى النقر المتركبة (شكل ٣١) . والزوائد التي تكون هذا التطيرز على أشكال مختلفة فهي كالخيوط أو الحلمات ، أو تكون مرجانية متشعبة ، وقد تكون متفرقة متماسكة الفروع أو بسيطة . وقد تكون تلك الزوائد متناثرة متفرقة ، أو تكون كثيفة تغطي سطح الجدار . وفي بعض الأحوال تغطي هذه الزوائد سطح جدار الوعاء الخشبي الذي يحتوي النقرة . وربما كانت الزوائد طويلة حتى تملأ فجوة النقرة ، وقد تمتد منها الى فراغ الخلية . ولا تكون مثل هذه الزوائد الا في النقر المصفوفة . أما النقر نصف المصفوفة أو البسيطة



(شكل ٣٠)

رسم تخطيطية لتركيب نقرة مضاف من النوع البين بالرسم رقم ١ ، ٤ من شكل رقم ٢٩ ، ب تبين شكل الفجوات في نقرة مزدوجة فتحاها الداخلية مستطيلة تشبه الشق حجراتها صغيرة وشكلها كالمخروط ، والقنوات كالانحياز المفلطحة . ج - نقرة في موضعها من جدار خلوي فليك (أ) الفتحة الداخلية ، (ب) الفتحة الخارجية ، (ج) الحجرة (د) القناة



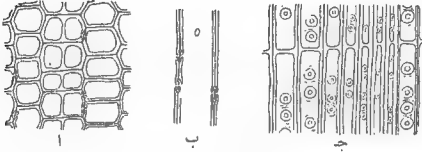
(شكل ٣١)

نقر مزدوجة موزعة في الخشب الثانوي في نبات الوبنجا ا المنظر سطحى ب - قطاع (من بالى)

فلا توجد فيها هذه الزوائد . ويضفى ما لهذه البروزات والزوائد الدقيقة من صفات صباغية وقدرة على عكس الضوء على المنظر السطحي للنقرة شكلا شبكيا أو مبرقشا . وقد سميت هذه النقر نقرا غربالية ، لأن الظن سبق الى أن أغشيتها الغالقة مثقبة كالغربال اللحائى .

وربما كان وجود هذه النقر الموزعة قاصرا على العناصر القصصية في الخشب الثانوي لبعض فصائل كاسيات البذور مثل القرنية والصليبية والكافورية

والكابرifulية . واذا وجدت فهي شائعة في أنسجة النوع والجنس جميعا ، وربما في أجناس تحت الفصيلة أو الفصيلة عامة . أى أن لها أهمية تصنيفية خاصة كما أن لها أهمية في الدراسات التطورية . ولم تقترح لها وظيفة بعد . على أن وجودها يصاحب أنواعا بالغة التخصص من الخشب ، كما يبدو أنها تمثل أنواعا بالغة التخصص من النقر .



(شكل ٢٢)

الزوائد الجدارية في قصيبات خشب تنوب ١ بلسم ١ - قطاع عرضي ٢ ب - قطاع مماس ٣ - قطاع فطري

ظواهر أخرى على سطح الجدار :

تعتبر النقر أهم ما يضاف على السطح الداخلي للجدار ملاصقه المميزة . فالنقر وغيرها من الثقوب التي تشاهد على جدران الأوعية الخشبية (الفصل الرابع) هي أوضح التحورات التركيبية . ومن الملامح الواضحة أيضا تغلظات الجدران الثانوية في أنسجة الخشب الأول : الحلقات والحلزونات والشبكات (شكل ٦٢) ومن أمثلة تغلظات السطح الداخلي الأخرى بروزات كالأسنان ، هي في الواقع خطوط بارزة توجد في القصيبات الشعاعية في أنواع الصنوبر (شكل ٢٨ ج) ، ومنها أيضا شريط كاسبار الذي يميز خلايا الاندودرمس . والزوائد الجدارية التي توجد في قصيبات المخروطيات (شكل ٣٢) . والعصى والشبكات العمادية في خلايا الحجاب الجذري ، وفي جدران المتك .

الزوائد الجدارية :

هي بروزات كالعصى الصغيرة في الجدار تخترق الفراغ الخلوي على نحو اشعاعي . وهي شائعة في الخشب الثانوي في المخروطيات، ونادرة في غيرها . وتكون في العادة في صفوف اشعاعية ، وقد تمتد عبر الكميوم وتصل الى اللحاء .

التنوعات الجدارية :

هى تجورات تركيبية فى الجدار نفسه قد تظهر على السطح . وهى تغلظت عسوية أو هلالية فى الجدار الأولى ، والصفحة الوسطى تحوط النقرة المصفوفة احاطة كاملة أو جزئية (شكل ١٢٤) ، أو مجموعة صغيرة من هذه النقر . وربما تيسر رؤيتها خلال الجدار الثانوى اذا أحسن صبغها . وتكون هذه التنوعات الجدارية حواف طرفية ثابتة على حدود حقول النقر الأولية فى الخلايا الصبية . ويغشى الجدار الثانوى هذه البروزات دون أن ينشئ فوقها بروزات ، أى أنها لا تظهر على سطح الجدار الثانوى . وقد سميت قضبان سانيو أو حواجز سانيو ، ولكن استعمال هذه المصطلحات اكتنفه الغموض ، إذ أطلقت أيضا فى بعض الأحوال على البروزات الجدارية . ولذلك فالأفضل استعمال مصطلح التنوعات الجدارية .

التغلظ الخارجى :

تغلظ بعض الجدران ذات السطوح المعرضة على نحو خارجى . فبعض الشعيرات وغيرها من خلايا البشرة ، وبعض الاسكليريدات والخلايا التى تطل على مسافات بينية كبيرة ، يتكون على سطحها الخارجى عقد صغيرة أو حبيبات أو بروزات . بعضها أجزاء من الجدار وبعضها الآخر رواسب على السطح مثل الأدمة . أما الطبقات الخارجية والبروزات السطحية فى جدران الأبواغ وجيوب اللقاح ، فتتكون جزئيا من المادة الغذائية أو من سيتوبلازم الخلية الوالدة .

التركيب الكيميائى للجدار الخلوى :

سبق أن تكلمنا عن التركيب الكيميائى للجدار الخلوى فى مراحل تكوينه المبكرة ولكن التغيرات والاضافات التى تتبع ذلك متعددة . ويحدث التغير نتيجة لترسب مواد جديدة فى فرجات التركيب الشبكي لمادة الجدار ، أو ربما يكون نتيجة تبديل أو تغيير فى مادة الجدار التى تكونت أولا .

والتلجن هو ترسب مادة اللجنين وهو أبرز التغيرات التى قد تحدث فى الجدار الأولى أو الجدار الثانوى فى أنواع عديدة من الخلايا وخاصة خلايا الخشب . فالجدران الأولية والمادة بين الخلوية فى خلايا الخشب تتميز بالتلجن الشديد ، أما الجدران الثانوية للخلايا ذاتها فان تجلنها أقل شدة . وفى خشب كاسيات البذور يكون التلجن على أشده فيما يطلق عليه الصفحة الوسطى ، وتشمل الطبقة

بين الخلوية والجدارين الأولين والطبقات الخارجية من الجدار الثانوى . وتكون الجدران الثانوية أو طبقاتها الداخلية في الألياف جيلاتينية في كثير من أجناس كاسيات البذور ، ولم تتبين بعد وظيفة هذه الطبقة الجيلاتينية . وتوجد الجدران الجيلاتينية والمخاطية في بعض الأنسجة الأخرى كاللحاء والأنسجة الخارجية للبذور والثمار . وقد يصاب الجدار بما ي تلفه ويفسد بناءه ، حتى في بعض أنسجة الخشب ، ويكون ذلك نتيجة لظروف مرضية وتسمى تلك الحالة بالتصنع .

أما التكوين والتسوير فهو التحول الذى يسبب ترسب مادة الكيوتين أو السوبرين في الجدار ، وربما امتد الترسيب في الصفيحة الوسطى ، وهى مواد وثيقة الصلة من ناحية التركيب الكيميائى ، اذ هى أخلاط من مواد أغلبها أحماض دهنية غير منفذة للماء . أى أن هذه المواد تجعل للخلية القدرة على الاحتفاظ بالماء والتكوين شائع في البشرة ، والتسوير شائع في أنسجة الفلين ، ولكنها قد توجد في غير ذلك من الأنسجة . وسنعود الى تناول موضوع الأدمة كما سنتناول التسوير عند الكلام عن الفلين في الفصل التاسع .

أما التمعدن وهو ترسب كميات كبيرة من الأملاح غير العضوية في الجدار ، فمن النادر أن يكون التحورات البارزة في تركيب الجدار . فكل الجدران الناضجة تحوى كميات يسيرة من المواد المعدنية ، وأحيانا تكون على هيئة بلورات دقيقة تمكن رؤيتها . وأكثر هذه المواد شيوعا هى السيليكا والاكسالات و كربونات الكالسيوم . أما السيليكا فهى تترسب بكثرة في جدران الأنسجة الخارجية في الحشائش والسعد وذيل الحصانيات وبعض الفصائل الأخرى . وقد تكون بعض البلورات الكبيرة ملتصقة بالجدار الثانوى أو منغرفة ، بأن تكون فوقها طبقات جديدة من الجدار (شكل ١ ، ب) .

أما غير ذلك من تغيرات الجدار فقد تشمل مواد كالراتنج والصمغ والزيت والتانين والمواد العطرية المختلفة والمواد الملونة وغيرها من المواد ذات الأهمية القليلة . والتانين ونحوه من المواد ، هى الأسباب الرئيسية لما تتصف به بعض أنواع الأخشاب من الصلادة والاحتمال ومن ثم الفائدة ، كذلك ترجع اليه الصفات الخاصة للخشب الصمى إذا قورن بالخشب الرخو ، (انظر الفصل السابع) ولا يقتصر وجود هذه المواد على الجدران ، بل انها تملأ فراغات الخلايا

وفجوات النقر أيضا . وتتكون جزئيا من محتويات الخلية الحية في الأجزاء المتاخمة لموضع تكونها ، ولكنها ولا شك تنشأ أيضا من مواد تنتقل من المناطق المجاورة . وتمتد التحورات والتغيرات التي ذكرناها فيما سبق الى الصفيحة الوسطى ، وطبقات الجدارين الرئيسيين أو بعضها . وربما كان تحول الجدار الأولي أقل من تحول الجدار الثانوي .

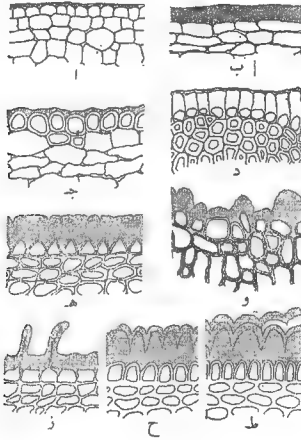
الحويصلات الحجرية أو أحجار التوازن :

توجد في بعض فصائل ذوات الفلقتين تراكيب خاصة تسمى الحويصلات الحجرية أو أحجار التوازن . والتركيب أساسا امتداد عصوي من الجدار يترسب الجير عليه . هذا الجسم العصوي السيلولوزي ينشأ في غضون المراحل الأولى لنشأة الخلية كتغليظ موضعي في الجدار يتخذ شكل العمود ، ثم تضاف اليه كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم ، فيتكون منها جسم غير منتظم يكاد يملأ فراغ الخلية جميعا . ويختلف شكل الحويصلة الحجرية في الأجناس المختلفة والفصائل المختلفة . وتتميز بها الفصائل التوتية والحريقية وفصائل قليلة غيرها . وربما توجد هذه الحويصلات في الأشعة النخاعية واللحاء . ولا تعتبر الحويصلات الحجرية من المعالم الشائعة ولا الهامة في تركيب الخلايا .

وتنقضى كل هذه التغيرات في بناء الجدار ، وتغيرات كيميائية مباشرة أو تبادل جزئي ، أو تلك التغيرات التي تتضمن تسرب أو ترسب كميات كبيرة من مواد مختلفة وجديدة داخل الجدار الأصلي ، كأنما تدخل الى مادة هذا الجدار أخلاط جديدة تذهب بمعالم المواد الأولى . كما تتم بعض التغيرات الظاهرية وغير الحقيقية بإضافة مواد جديدة في طبقات متتابعة فوق الجدار الأصلي وبذلك ينظر هذا الجدار . وقد تصاحب هذه التغيرات تضج الجدار في غضون مراحل التطور الذاتي للخلية ، أو قد تحدث فيما بعد التضج مثل تحول الخشب الرخو الى خشب صميغ ، أو كما تتحول بعض الخلايا البرنثيسمية الخضر في القشرة أو برنثيسمية اللحاء الى اسكليديات ، بعد أن تنقضى فترة طويلة على نشاطها في حالتها الأولى .

الأدمة

يغطي سطح الأجزاء الهوائية من النباتات الوعائية طبقة من مادة الكيوتين تسمى الأدمة تغطي البشرة ، وانها ملتصقة بسطحها الخارجي صاعدة مع بروزاته هابطة مع ما انخفض منه (شكل ٣٣) . ومادة الكيوتين غير منفذة للماء ، ولذلك فان الأدمة تعاون على الوقاية ضد فقدان الماء مما دونه من الخلايا . والأدمة طبقة



(شكل ٣٣)

الأدمة . قطاعات في البشرة وما يتألفها من الأنسجة تبين درجات اللفظ المختلفة للأدمة وامتدادها بين خلايا البشرة . (الأدمة الرقيقة انظر أشكال ١٧٢ و ١٧٥) .
 - اما أ - ثمرة البرتقال . ب - ثمرة التفاح (صنف بن فافر) . ج - ساق الدراشنة د - ورقة داسلييه - هـ - ساق اسفندان بنسلفانيا وتظهر الطبقة الخارجية مشققة و - ساق الفسح ذي الورقة الدائرية : ز - ساق الاس البري .
 ح ، ط - ساق القرنوس ، تبين القطاعات مرحلتين توضح الطبقات الخارجية القديمة تتبدل بطبقات جديدة تتكون من أسفل

رقيقة رخوة على الأجزاء الصلبة ، وبينما يستمر النمو ، يمتد سطح الأدمة وتزداد ثخانتها ، حتى اذا تم نمو الخلايا التي تغطيها الأدمة ، أصبحت صلبة شديدة المقاومة للشد والتمزق . ويقال أن الأدمة تبقى على حالتها مع قليل جدا من التغير حتى في طبقات الفحم . ويتباين غلظ طبقة الأدمة الناضجة وطبيعتها على نحو ما سنبينه في الفصل الرابع عشر ، فهي رقيقة في نباتات الظل وحيث الماء وفير ، غليظة في النباتات التي تنمو معرضة للشمس أو للجفاف ، وتختلف ثخانتها أيضا على أوراق النبات الواحد ونماؤه ، باختلاف أوضاعها على النبات ، وباختلاف المواسم والظروف المناخية . أما على سطوح الأعضاء الموسمية قصيرة العمر ، وأعضاء النباتات المائية فتظل الأدمة رقيقة حتى لتصعب مشاهدتها في أحيان كثيرة . وفي العادة لا توجد الأدمة على الجذور .

ولا يعوق اتصال طبقة الأدمة واستمرارها غير فتحات الثغور والعديسات . وتمتد الأدمة الى مسافات متباينة داخل فتحة الثغر (أشكال ١٣٤ و ١٧٩ ج) ، وربما تبطن غرفة الثغر بطبقة رقيقة من الكيوتين . كما أن جدران الحجرات الهوائية الكبيرة قد تغطيها أدمة رقيقة ، كما أن المسافات البينية الصغيرة التي تكون بين خلايا البشرة ومادتها من خلايا النسيج الوسطى ، قد تغطيها طبقة رقيقة من الكيوتين .

وتنشأ مادة الأدمة كإفراز من خلايا البشرة ، وربما أسهم في ذلك ما دونها من الخلايا . ويمر الكيوتين خلال الجدران الخارجية على هيئة سائلة أو شبه سائلة بطريقة لا نعرفها بعد ، حتى اذا وصلت السطح ، كومت طبقة متصلة تتحول فيما بعد الى الصلابة والشدّة . ويقول البعض بأن قطرات من الكيوتين تمر خلال فتحات متناهية الدقة تكتنف الجدار الخارجى . ويقول آخرون بأن مادة الكيوتين تتكون في الخلايا الداخلية وأنها تنتقل على طول الجدران حتى تصل الى السطح عبر الجدران العرضية لخلايا البشرة . ومن الواضح أن الأدمة تتغلظ من أسفل ، ويبدو أن كميات جديدة من مادة الأدمة ، تذاب فيما سبق وترسب من طبقات ، وذلك في المراحل الأولى لتكونها ، وربما فيما يتلو من المراحل . ومن الأمثلة التي تضرب للطريقة التي ترتق بها تمزقات الأدمة ، أو تضاف بها مادة جديدة ، ما يشاهد في السوق والأوراق الصلبة التي تغطيها في مراحل تكونها المبكرة شعيرات تتساقط

فيما بعد ، فإن المسافات التي تركها قواعد هذه الشعيرات تمثل تمزقات في طبقة الأدمة سرعان ما تملأ بما يترسب فيها من مادة الكيتين .

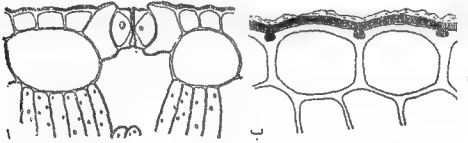
وسطح الأدمة أملس في العادة ، وهو كذلك على الدوام في مراحل تكونه الأولى . ولكنه يتعرض للتشقق والتقشر بأن تتمزق منه رقائق أو دقائق ، فيصبح خشن الملمس . كذلك قد تنشأ على سطحه عقد صغيرة أو بروزات أو غيرها (شكل ٣٣) . ونذكر أيضا ما ينشأ على سطح الأدمة من الأوتار والحواجز ، وهي في الواقع بروزات من جدران البشرة تغلفها الأدمة . وشبيه بذلك تلك التفلطحات المستطيلة التي تظهر على سطح الساق وعنق الورقة في بعض الأعشاب مثل الحماض . ومصطلح أوتاد الأدمة استعمل خطأ ليدل على الجدران القطرنية المتكونة في خلايا البشرة ، ذلك لأنها تبدو في المقطع كأنها امتدادات داخلية للأدمة .

ويقال ان الأدمة في الأجزاء الزهرية ، وخاصة البتلات وشعيرات الأسدية ، في بعض النباتات تكون جمعدة . ويبدو هذا التجدد كثنيات صغيرة نتيجة لسرعة الكيتين ويطء امتداد مساحة سطح البشرة . ويقال كذلك ان هذه الثنيات « رقعة مختزنة » وأنها تمتد وتوسع عندما يصبح نمو العضو سريعا ، حتى اذا أصبحت البشرة ناضجة لم تق من الثنيات غير ما كان امتداد محورها على امتداد اتجاه النمو الأكبر في خلايا البشرة . ويقال ان هذه تتمثل في الخطوط الاشعاعية التي تشاهد في البشرة الحليمية (ذات الحلمات) التي تتميز بها البتلات الزهرية .

ويكون التصاق الأدمة بسطح البشرة مكنيا في العادة . ولكن جاء في بعض المراجع أن الأدمة قد تكون حرة غير لاصقة بالجدران في بعض الشعيرات الزهرية ، أو أن تكون حرة الا من أوتاد تمسكها بالبشرة على نحو ما يشاهد في الوسادة الورقية ، حيث يتعرض السطح لتغيرات وتقوسات شديدة ، مثلما يحدث في ورقة الموز (شكل ٣٤) . ويسبب انفصال طبقة الأدمة عن سطح البشرة ووجود طبقة هوائية بينهما ما يجعل لبعض الأوراق مظهرا فضيا .

ويصاحب تكون الأدمة أو يتبعه في نباتات كثيرة تكون ما دونها من الخلايا . وتكون الجدران الخارجية لخلايا البشرة أول ما يتعرض للتغير ، فتغلظ حتى ليصبح تغلظها أضعاف غلظ الجدران الأخرى للخلية ، وقد تبلغ في ثخانتها مبلغ الأدمة

ذاتها (شكل ٣٣ و د ،). وقد يكون التغلظ متشربا بمادة الكيوتين حتى ليصبح من العسير التمييز بين الجدران وبين طبقة الأدمة التي تتكون من الكيوتين الصرف. وقد تتكون الجدران القطرية والداخلية لخلايا البشرة ، بل قد يمتد هذا التغيير الى جدران الخلايا المتاخمة . وعندما يتم تكوين جدران خلايا البشرة جميعا ، فانها تموت في بعض الأحوال ، ولكن الغالب أن تبقى حية ذات نقر تكتنف



(شكل ٢٤)

الأدمة في ورقة الموز ١ - قطاع في البشرة العليا يمر بمنطقة لفر يبين امتداد مادة الأدمة حول الخلايا المحيطة . ب - قطاع في شريط أبطى يبين أوتاد الأدمة فوق الجدران المرغية للبشرة ، والأدمة حرة بين تلك الأوتاد . لاحظ أيضا الطبقة الشمعية فوق الأدمة (من شكتش)

الجدران وروابط بلازمية تصل بينها وبين ما يجاورها من الخلايا الحية . ومما يؤسف له أن مصطلح الأدمة يطلق أحيانا ليبدل على الطبقة التي تقوم بوظيفة عزل الماء ، وهي طبقة تتضمن الأدمة والجدران الخلوية المتكونة معا .

وفي بعض السوق الخشبية التي تبقى فيها خلايا البشرة لدى يزيد على العام مثل بعض أنواع الاسفندان^(١) ، وقرونوس^(٢) ، وكريا^(٣) ، تتشقق الأدمة وتتمزق ثم ترتق بافراز مادة جديدة مما تحتها من الخلايا ، أو قد تنشأ طبقة جديدة (شكل ٣٣ ح ، ط) .

ولكثير من الثمار الناضجة أدمة غليظة مثل البرقوق والطماطم والكاكي وبعض أصناف التفاح (شكل ٣٣ ب) . ويصل غلط الأدمة في هذه الحالات الى

(١) Ace-

(٢) Cornus.

(٣) Kerria.

منتهاه عندما تصل الثمرة الى كامل النضج . وتعاون طبقة الأدمة على المحافظة على ماء الثمرة عندما تنقطع مواردها المائية . وترجع بعض صفات البقاء في الثمار الى وجود أدمة غليظة ، فأصناف التفاح ذات الأدمة الغليظة أبقى من ذات الأدمة الرقيقة . ويكون للثمار التي تنمو في ضوء الشمس أدمة أغلظ من الثمار التي تنمو في الظل . كذلك يكون لثمار التفاح في السنة الجافة أدمة أغلظ من ثمار السنة المطيرة ، وعند تجفيف البرقوق تثقب طبقة الأدمة بوسائل كيميائية أو آلية ليتيسر التجفيف .

وقد تتكون فوق طبقة الأدمة عصى أو حبيبات صغيرة من الشمع ، وتكون الأوراق والسوق في هذه الحالات ذات لون يميل الى الزرقة ، وتكون الثمار ذات سطح رقيق . وقد يكون الشمع في حبيبات كبيرة مثلما يوجد في نبات الشمع ، أو يكون في طبقة غليظة تغلف الأوراق ، مثلما يوجد في نخيل الشمع .

المراجع — REFERENCES

- LEWIS, F.T. : The typical shape of polyhedral cells in vegetable parenchyma and the restoration of that shape following cell division, *Proc. Amer. Acad. Arts Sci.*, **58**, 537-552, 1923,
—: A further study of the polyhedral shapes of cells, *Proc. Amer. Acad. Arts Sci.*, **61**, 1-34, 1925,
—: The shape of cells as a mathematical problem, *Amer. Scientist* **34**, 359-369, 1946.
MARVIN, J. W. : Cell shape and cell volume relations in the pith of *Eupatorium purpureum*, *Amer. Jour. Bot.*, **31**, 208-218, 1944.
MATTHE, E. B. : Volume-shape relationships in lead shot and their bearing on cell shapes, *Amer. Jour. Bot.*, **26**, 288-295, 1939.
—: The three-dimensional shapes of bubbles in foams, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **31**, 281-289, 1945.
MEUSE, A. D. J. : A study of intercellular relationships among vegetable cells with special reference to "sliding growth" and to cell shape, *Rec. Trav. Bot. Neer.*, **38**, 18-140, 1942.
NIEFF, F. : Über Zellumlagerung, Ein Beitrag zur experimentellen Anatomie, *Zeitschr. Bot.*, **6**, 465-547, 1914.
PRIESTLEY, J. H. : Cell growth and cell division in the shoot of the flowering plant, *New Phyt.*, **28**, 54-81, 1929.

- SEIFRIZ, W. (ED.): "The Structure of Protoplasm," Ames, Iowa, 1942.
 SHARP, J. W.: "Introduction to Cytology," 3d ed., New York, 1934.
 -----: "Fundamentals of Cytology," New York, 1943.
 SINNOTT, E. W.: Structural problems at the meristem, *Bot. Gaz.*, 99,
 803-813, 1938.
 THOMPSON, D'A. W.: "On Growth and Form," 2d ed., Cambridge, 1942.

THE PROTOPLAST

- BAILEY, I. W.: The cambium and its derivative tissues, V. A reconnaissance of the vacuome in living cells, *Zeitschr. Zellforsch. Mier. Anat.*, 10, 651-682, 1930.
 BAILEY, I. W., AND C. ZIEKLE: The cambium and its derivative tissues, VI. The effects of hydrogen-ion concentration in vital staining, *Jour. Gen. Phys.*, 14, 363-383, 1931.
 FAULL, A. F.: Elaioplasts in *Iris*: a morphological study, *Journ. Arnold Arboretum*, 16, 225-267, 1935.
 GUILLIERMOND, A.: Observations vitales sur le chondriome des chromoplastides et le mode de formation des pigments xanthophylliens et carotinien. *Rév. Gén. Bot.*, 31, 372-413, 446-508, 532-603 635-770, 1919.
 -----: "The Cytoplasm of the Plant Cell," Engl. transl. by L. R. Atkinson, Waltham, Mass, 1941.
 HEITZ, E.: Untersuchungen über den Bau der Plastiden, I. Die gerichteten chlorophyllscheiben der Chloroplasten, *Planta*, 26, 134-163, 1936.
 LUBIMENKO, V.: Les pigments des plastes et leur transformation dans les tissus vivants de la plante, *Rév. Gén. Bot.*, 39, 40, 1927, 1928
 MEYER, F. J.: Das trophische Parenchym, A. Assimilationsgewebe. In Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie," IV, 1923.
 MOULTON, F. R. (ED): The cell and protoplasm, Publ. No. 14, *Amer. Assoc. Adv. Sci.*, 1940.
 NEWCOMER, E. H.: Concerning the duality of the mitochondria and the validity of the osmiophilic platelets in plants, *Amer. Jour. Bot.*, 33, 684-697, 1946.
 RABINOWITCH, E. I.: "Photosynthesis and Related Processes," I. Chaps. XIV, XV, XVI, New York, 1945.
 RANDOLPH, L. F.: Cytology of chlorophyll types of maize, *Bot. Gaz.*, 73, 337-375, 1922.
 SCHUBERT, P. N.: Die Plastiden, In Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie," I, 1924.

- SINNOTT, E. W., AND R. BLOCH : Division in vacuolate plant cells, *Amer. Jour. Bot.*, **28**, 225-232, 1941.
- STRAUS, W. : Recherches sur les chromatophores, IV. Sur la structure des chromatophores de la carotte, *Helvetica Chim. Acta*, **25**, 1370-1383, 1943.
- WEIER, E. : The structure of the chloroplast, *Bot. Rev.*, **4**, 497-530, 1938.
- ZIRKLE, C. : The structure of the chloroplast in certain higher plants, *Amer. Jour. Bot.*, **13**, 301-320, 1926.
- : The growth and development of plastids in *Lunularia vulgaris*, *Elodea canadensis*, and *Zea mays*, *Amer. Jour. Bot.*, **14**, 429-445, 1927.
- : Vacuoles in primary meristems, *Zeitschr. Zellforsch. Mikr. Anat.*, **16**, 26-47, 1932.

PLASMODESMATA

- CRAFTS, A. S. : A technic for demonstrating plasmodesmata, *Stain Tech.*, **6**, 127-129, 1931.
- GARDINER, W., AND A. W. HILL : The histology of the cell wall with special reference to the mode of connection of cells, *Phil. Trans Roy. Soc. London*, **194B**, 83-125, 1901.
- HUME, M. : On the presence of connecting threads in graft hybrids *New Phyt.*, **12**, 216-225, 1913.
- KUEHL, F. : Die Plasmaverbindungen bei *Viscum album*, *Bot. Zeit.*, **58**, 29-58, 1900.
- LIVINGSTON L. G. : The nature and distribution of plasmodesmata in the tobacco plant, *Amer. Jour. Bot.*, **22**, 75-87, 1935.
- MEEUSE, A. D. J. : On the nature of plasmodesmata, *Protoplasma*, **35**, 143-151, 1941.
- : Plasmodesmata, *Bot. Rev.*, **7**, 249-262, 1941.
- MUELDORF, A. : Das plasmatische Wesen der pflanzlichen Zellbrücken, *Beih. Bot. Centralbl.*, **56**, 171-364, 1937.
- POIRAVULT, G. : Recherches anatomiques sur les cryptogames vasculaires, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **18**, 113-256, 1893.
- PRIESTLEY, J. H. : The physiology of cambial activity, II. The concept of "sliding growth." *New Phyt.*, **29**, 96-140, 1931.

ERGASTIC SUBSTANCES

- BLACK, O. F. : Calcium oxalate in the dasheen, *Amer. Jour. Bot.*, **5**, 447-451, 1918.

- FUCHS, P. C. A.: Untersuchungen über den Bau der Raphidenzelle. *Oester. Bot. Zeitschr.*, **48**, 324-332, 1898.
- NETOLITZKY, F.: Die Kieselkörper, Die Kalksalze als Zellinhaltskörper, in Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie," III, 1929.
- PFITZER, E.: Über die Einlagerung von Kalkoxalat-Krystallen in die pflanzliche Zellhaut, *Flora*, **1872**, 97-102, 129-136, 113-120, 1872.
- SAFFORD, W. E.: The useful plants of the island of Guam, *Contr. U.S. Nat. Museum*, **9**, 67-71, 1905.
- VAN DE SANDE-BAKHUYSEN, H. L.: The structure of starch grains from wheat grown under constant conditions, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **23**, 302-305, 1926.

THE CELL WALL

- AJELLO, L.: Cytology and cellular interrelations of cystolith formation in *Ficus elastica*, *Amer. Jour. Bot.*, **28**, 589-593, 1941.
- ALDABA, V. C.: The structure and development of the cell wall in plants, I. Bast fibers of *Boehmeria* and *Linum*, *Amer. Jour. Bot.*, **14**, 16-24, 1927.
- ANDERSON, D. L.: A microchemical study of the structure and development of flax fibers, *Amer. Jour. Bot.*, **14**, 187-211, 1927.
- : The structure of the walls of the higher plants, *Bot. Rev.*, **1**, 52-75, 1935.
- ANDERSON, D. B., AND T. KERR: Growth and structure of the cotton fiber, *Ind. Eng. Chem.*, **30**, 48-54, 1938.
- ARZT, T.: Untersuchungen über das Vorkommen einer Kuticula in den Blättern dikotylen Pflanzen, *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **51**, 471-500, 1933.
- BAILEY, I. W.: The structure of the bordered pits of conifers and its bearing on the tension hypothesis of the ascent of sap in plants, *Bot. Gaz.*, **62**, 133-142, 1916.
- : Structure, development, and distribution of so-called rims or bars of Sanio, *Bot. Gaz.*, **67**, 449-468, 1919.
- : The formation of the cell plate in the cambium of higher plants, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **6**, 197-200, 1920.
- : The significance of the cambium in the study of certain physiological problems, *Jour. Gen. Physiol.*, **2**, 519-533, 1920.
- : Phragmospheres and binucleate cells, *Bot. Gaz.*, **70**, 469-471, 1920.
- : The cambium and its derivative tissues, III. A reconnaissance of cytological phenomena in the cambium, *Amer. Jour. Bot.*, **7**, 417-434, 1920.

- : The cambium and its derivative tissues, IV, The increase in girth of the cambium, *Amer. Jour. Bot.*, **10**, 499-509, 1923.
- : The cambium and its derivative tissues, VIII. The structure, distribution, and diagnostic significance of vestured pits in dicotyledons, *Jour. Arnold Arboretum*, **14**, 259-273, 1933.
- : Cell wall structure of higher plants, *Ind. and Eng. Chem.*, **30**, 40-47, 1938.
- : The microfibrillar and microcapillary structure of cell wall, *Bull. Torrey Bot. Club*, **66**, (4), 201-213, 1939.
- : The wall of plant cells, *In* The cell and protoplasm, *Publ. Amer. Assoc. Adv. Sci.*, **14**, 31-45, 1940.
- AND E. E. BERKLEY: The significance of X-rays in studying the orientation of cellulose in the secondary walls of tracheids, *Amer. Jour. Bot.*, **29**, 231-241, 1942.
- AND A. F. FAULL: The cambium and its derivative tissues, IX. Structural variability in the redwood, *Sequoia sempervirens*, and its significance in the identification of fossil woods, *Jour. Arnold Arboretum*, **15**, 233-254, 1934.
- AND T. KERR: The visible structure of the secondary wall and its significance in physical and chemical investigations of tracheary cells and fibers, *Jour. Arnold Arboretum*, **16**, 273-300, 1935.
- AND —: The structural variability of the secondary wall as revealed by "lignin" residues, *Jour. Arnold Arboretum*, **18**, 261-272, 1937.
- AND M. R. VESTAL: The orientation of cellulose in the secondary walls of tracheary cells, *Jour. Arnold Arboretum*, **18**, 185-195, 1937.
- BARANETSKI, J.: Épaississement des parois des éléments parenchymateux, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **4**, 134-201, 1886.
- BEER, R., AND A. ARBER: On the occurrence of multinucleate cells in vegetative tissues, *Proc. Roy. Soc. London*, B **91**, 1-17, 1919.
- BELL, H. P.: The protective layers of the apple, *Can. Jour. Res.*, C **15**, 391-402, 1937.
- BERKLEY, E. E.: Cellulose orientation, strength and cell wall development of cotton fibers, *Textile Res.*, **9**, 355-373, 1939.
- BOEKE, J. E.: On the origin of the intercellular channels and cavities in the rice root, *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, **50**, 199-208, 1940.
- BUSTON, H. W.: Observations on the nature, distribution and development of certain cell wall constituents of plants, *Biochem. Jour.*, **29**, 196-218, 1935.

- COLIN, H., AND A. CHAUDIN : Pectine et ciment intercellulaire, *Bull. Soc. Chem. Biol.*, **16**, 1333-1343, 1934.
- COMMITTEE ON NOMENCLATURE, INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS : Glossary of terms used in describing wood, *Trop. Woods*, Yale University School of Forestry, No. **36**, 1933.
- DADSWELL, H. E., AND D. J. ELLIS : Contributions to the study of the cell wall, I Methods for demonstrating lignin distribution in wood, *Jour. Council Sci. Ind. Res. (Aust.)*, **13**, 44-54, 1940.
- FOSTER, A. S. : Structure and development of sclereids in the petiole of *Camellia japonica* L., *Bull. Torrey Bot. Club*, **71**, 302-326, 1944.
- : Origin and development of sclereids in the foliage leaf of *Trachodendron aralioides* Sieb. and Zucc., *Amer. Jour. Bot.*, **32**, 456-468, 1945.
- FREY, A. : Der heutige Stand der Micellartheorie, *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **44**, 564-570, 1926.
- : Über die Intericellar-Räume der Zellmembranen, *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **46**, 444-456, 1928.
- FREY-WYSSLING, A. : The submicroscopic structure of cell walls, *Sci. Prog.*, **24**, 249-262, 1939.
- FROST, F. H. : Histology of the wood of angiosperms, I. The nature of the pitting between tracheary and parenchymatous elements, *Bull. Torrey Bot. Club*, **56**, 259-264, 1929.
- GÉNEAU DE LAMARLIÈRE, L. : Sur les membranes cutinisées de plantes aquatiques, *Rév. Gén. Bot.*, **18**, 289-295, 1906.
- GOLDSTEIN, B. : A study of progressive cell plate formation, *Bull. Torrey Bot. Club*, **52**, 197-219, 1925.
- GRIFFIN, G. J. : Bordered pits in Douglas fir ; a study of the position of the torus in mountain and lowland specimens, *Jour. For.*, **17**, 813-822, 1919.
- HOCK, C. W. : Microscopic structure of the cell wall, In Seifriz, W. (Ed.) : "The Structure of Protoplasm," Ames, Iowa, 1942.
- JONSSON, B. : Siebähnliche Poren in den trachealen Xylemelementen der Phanerogamen, hauptsächlich der Leguminosen, *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **10**, 494-513, 1892.
- JUNGERS, V. : Recherches sur les plasmodemes chez les végétaux, I. *La Cellule*, **40**, 5-81, 1930.
- KAMP, H. : Untersuchungen über Kuticularbau und kuticuläre Transpiration von Blättern, *Jahr. Wiss. Bot.*, **72**, 403-465, 1930.
- KERR, T., AND I. W. BAILEY : The cambium and its derivative tissues. X. Structure, optical properties and chemical composition of the

- so-called middle lamella, *Jour. Arnold Arboretum*, 15, 327-349, 1934.
- KOENE, E. : Ueber Zellhautfalten in der Epidermis von Blumenblättern und deren mechanische Function, *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 2, 24-29, 1884.
- KONEMUND, A. : Die Entstehung verholzter Lamellen, untersucht besonders an *Salix alba*, *Bot. Arch.*, 34, 462-521, 1932.
- LEE, B., AND J. H. PRIESTLEY : The plant cuticle, I. Its structure, distribution, and function, *Ann. Bot.*, 38, 525-545, 1924.
- MARTENS, P. : Recherches sur la cuticle, II. Dépouillement cuticulaire spontané sur les pétales de "*Tradescantia*," *Bull. Soc. Roy. Belgique*, 66, 58-64, 1933.
- : Recherches sur la cuticle, III. Structure, origine et signification du relief cuticulaire, *Protoplasma*, 20, 483-515, 1934.
- : Recherches sur la cuticle, IV. Le relief cuticulaire et la différenciation épidermique des organes floraux, *La Cellule*, 43, 289-318, 1934.
- : Nouvelles recherches sur l'origine des espaces intercellulaires, *Beih. Bot. Zentralbl. Abt., A.* 58, 349-364, 1938.
- MEUSE, A. D. J. : Development and growth of the sclerenchyma fibers and some remarks on the development of the tracheids in some monocotyledons, *Rec. Trav. Bot. Neer.*, 35, 288-321, 1938.
- : A study of intercellular relationships among vegetable cells with special reference to "sliding growth" and to cell shape, *Rec. Trav. Bot. Neer.*, 38, 18-140, 1942.
- MOOG, H. : Ueber die spiraligen Verdickungsleisten der Tracheen und Tracheiden unter besonderer Berücksichtigung ihrer Ausziehbarkeit, *Beih. Bot. Centralbl., Abt. I.* 42, 186-228, 1925.
- PHILLIPS, E. W. J. : Movement of the pit membrane in coniferous woods with special reference to preservative treatments, *Forestry*, 7, 109-120, 1933.
- PRESTON, R. D. : The organization of the cell wall of the conifer tracheid, *Phil. Trans. Roy. Soc., B* 224, 131-174, 1934.
- PRIESTLEY, J. H. : The cuticle in angiosperms, *Bot. Rev.*, 9, 593-616, 1943.
- AND L. I. SCOTT : Studies on the physiology of cambial activity, II. The concept of sliding growth, *New Phyt.*, 29, 96-140, 1930.
- AND — : The formation of a new cell wall at cell division, *Proc. Leeds Phil. and Lit. Soc. Sci. Sec.*, 3, 532-545, 1939.
- RECORD, S. J. : Cystoliths in wood, *Trop. Woods*, Yale University School of Forestry No. 3, 10-12, 1925.

- : Spiral tracheids and fiber-tracheids, *Trop. Woods*, Yale University School of Forestry, No. 3, 12-16, 1925.
- : "Identification of the Timbers of Temperate North America," New York, 1934.
- RENDLE, B. J. : Gelatinous wood fibres, *Trop. Woods*, Yale University School of Forestry, No. 52, 11-19, 1937.
- S., D. H. (NOTICE OF BOOK) DR. G. KRABBE : "Das gleitende Wachstum bei der Gewebebildung der Gefäßpflanzen," Berlin, 1886. *Ann. Bot.* 2, 127-136, 1888.
- SCARTH, G. W., R. D. GIBBS, AND J. D. SPIER : The structure of the cell-wall and the local distribution of the chemical constituents, *Trans. Roy. Soc. Can.*, 5, 269-288, 1929.
- SCOTT, F. M. : Cystoliths and plasmodesmata in *Beloperone*, *Ficus*, and *Boehmeria*, *Bot. Gaz.*, 107, 372-378, 1946.
- SINNOTT, E. W., AND R. BLOCH : Changes in intercellular relationships during the growth and differentiation of living plant tissues, *Amer Jour. Bot.*, 26, 625-634, 1939.
- AND — : Development of the fibrous net in the fruit of various races of *Luffa cylindrica*, *Bot. Gaz.*, 105, 90-99, 1943.
- SKUTCH, A. F. : Anatomy of leaf of Banana, *Musa sapientum* L. var. Hort. Gros Michel, *Bot. Gaz.*, 84, 337-391, 1927.
- SPONSLER, O. L. : The molecular structure of the cell wall of fibers, *Amer. Jour. Bot.*, 15, 525-536, 1928.
- TUPPER-CARY, R. M., AND J. H. PRIESTLEY : The composition of the cell wall at the apical meristem of stem and root, *Proc. Roy. Soc.*, B 95, 109-131, 1923.
- VAN WISSELINGH, C. : Die Zellmembran. In Linsbauer, K. : "Handbuch der Pflanzenanatomie," III, 1925.
- WARRHAM, R. T. : "Phragmospheres" and the "multinucleate phase" in stem development, *Amer Jour. Bot.*, 23, 591-597, 1936.
- WERTIN, W. : Über den Feinbau der Zellwände höherer Pflanzen, *Biol. Zentralbl.*, 63, 350-369, 1943.
- WRIGHT, J. G. : The pit-closing membrane in the wood of the lower gymnosperms, *Trans. Roy. Soc. Can.*, Sec. V, Biol. Sci. III, 22, 63-95, 1928.
- ZIEGENSPECK, K. : Über das Ergusswachstum des Kutins bei *Aloe*-Arten, *Bot. Arch.*, 21, 1-8, 1928.

الفصل الثالث

الأنسجة الانشائية (المستيمات)

يتضمن نمو الكائن الحى أساسا زيادة فى حجم الكيان البروتوبلازمى . ويرتبط بهذه الزيادة ارتباطا وثيقا التطور والتميز الذى تمارسه الخلايا التى تمثل الزيادة . ويعتبر هذا التميز عادة صورة من صور النمو . وقد يتم النمو فى بعض النباتات البدائية ، وفى بعض الأجزاء أو المراحل من حياة النباتات الراقية ، دون أن يصاحبه انقسام الكيان البروتوبلازمى الى وحدات خلوية . على أن الشائع فى النباتات ذات الخلايا ، هو الارتباط بين أى درجة واضحة من النمو وبين نشأة خلايا جديدة وما يتبع ذلك من نمو هذه الخلايا الناشئة وتحررها . وفى النباتات التى لا تخصص فيها الأنسجة أو أن يكون التخصص قليلا ، قد يحدث الانقسام الخلوى فى سائر أجزاء النبات أو فى بعض أجزائه وينتج عن ذلك زيادة حجم النبات . أما فى النباتات ذات الأنسجة المتخصصة ، فإن تكوين الخلايا الجديدة يتركز فى مناطق محددة متميزة تسمى الأنسجة الانشائية أو المستيمات .

وهناك مصطلحان للخلايا والأنسجة الانشائية كان استعمالهما غير دقيق ، هما المرستيم والمرستيمى ، ويختلف الكتاب كثيرا فيما تعنى ، ومن العسير وضع تعريف دقيق لهما، لأن من العسير وضع الحدود الدقيقة فى الوصف والتعريف بين الأنسجة التى تكون المستيمات ، والأنسجة التى تشبه الى حد ما الخلايا المرستيمية ، أو بين هؤلاء وبين الخلايا الناضجة الدائمة . ذلك لأن النمو والتميز عمليات متصلة التتابع . والربط بين التركيب ومراحل تلك العمليات لا يمكن أن تحدده قواعد عامة . وفى هذا الكتاب يستعمل مصطلح «المرستيم» ليدل على مناطق من الخلايا المتصلة تتخصص فى تكوين أنسجة جديدة ، أما « المرستيمى » فهى صفة تطلق على الخلايا التى تشبه المرستيم فى بعض الأوجه ، دون أن تتكون من أو أن تكون المرستيم ، وبعبارة أخرى هى الخلايا أو الأنسجة أو المناطق التى تتميز ببعض صفات المناطق النامية ، وخاصة صفة الانقسام الخلوى ، دون أن تكون مرستيمات بالمعنى الدقيق . ونضرب مثلا لتوضيح ذلك : تعتبر قمم السوق وأنسجة الكميوم

من مناطق انشاء الخلايا ، أما أنسجة الخشب واللحاء الناشئة فهي أنسجة مرستيمية بمعنى أنها خلايا قد تنشأ بعض الخلايا الحديثة ، وهي حديثة النشأة غير ناضجة ، ولكنها لا تتصف بدوام القدرة على انشاء الخلايا الجديدة ، ولا حتى الاستمرار المحدود في ذلك . ومثل آخر هو خلايا نسيج ناضج مثل القشرة الأولية في الساق التي قد تنقسم دون أن تستمر في ذلك ، مثل تلك الخلايا يمكن وصفها بأنها مرستيمية ، ولكن لا يمكن أن نطلق عليها ولا على الأنسجة التي تتضمنها كلمة المرستيم . وقد تجدد مؤخرا الاهتمام بدراسة المرستيمات ، وصاحب ذلك مع الأسف خلط في استعمال تلك المصطلحات .

تختلف خلايا المرستيم عن خلايا الأنسجة الناضجة، بأن بها في العادة سيتوبلازما غزيرا ، والفجوات صغيرة أو غير موجودة ، والأنوية كبيرة ، والجدران رقيقة ، ولا توجد مسافات بينية . هذه هي الصفات العامة ، على أن بعض البداءات في المرستيم الطرفي وفي الكميوم ، قد تحوى فجوات ذات أحجام ملحوظة ، كما أن الجدران القطرية في خلايا الكميوم قد تكون غليظة (شكل ٨٨) . وربما وجدت مسافات بينية صغيرة بين الخلايا الناشئة عن المرستيم الطرفي .

وقد ورد استعمال كلمة جنيني ، كمرادف لصفة مرستيمي ، في وصف الأنسجة الحديثة النشأة . ولكن هذا الاستعمال خالطه الغموض ، والأفضل أن يقتصر على أنسجة الجنين فقط .

الخلايا والأنسجة المرستيمية والدائمة :

يمكن تصنيف الخلايا والأنسجة من ناحية مرتبة تطورها الى مرستيمية ودائمة . فالخلايا والأنسجة المرستيمية، هي تلك التي يحدث فيها تكوين خلايا جديدة والتي لم يتم فيها التخصص بعد . أما اذا تم التخصص والنضج فانها تسمى دائمة . ولا يبنى ذلك أنها دائمة بالمعنى الدارج للكلمة ، لأنها قد تتغير من ناحيتي الشكل والوظيفة بعد فترة طويلة أو قصيرة من وجودها كخلايا تامة التخصص والنضج . فذكر على سبيل المثال خلايا البشرة أو خلايا القشرة التي قد تكون كميوم الفلين ، بعد أن تقضى شهور على تمام نضجها ، واستكمال نمو أجزاء الساق التي تشتمل عليها . كذلك نذكر خلايا البناء الضوئي في القشرة والخلايا البرنشيمية في اللحاء القديم اذ تتحول الى خلايا حجرية . وربما تغيرت ملامح الخلايا تغيرا

واضحاً بعد مدة طويلة قد تصل الى سنوات من بلوغها النضج ، اذ قد تستعيد نشاطها وقدرتها على الانقسام وتكوين خلايا جديدة وربما كوت مرستيمات . وقد تستثنى من ذلك الخلايا ذات الأشكال الخاصة والجدران الغليظة . على أن لذلك كله شواذ ، حتى أن من العسير أن توجد خلايا حية يمكن أن توصف بالدوام التام . ولكن للتمييز بين الخلايا والأنسجة المرستيمية والدائمة أهمية في ادراك مراحل النشأة والتطور في المناطق النامية .

تصنيف المرستيمات

يمكن الاعتماد على أسس مختلفة لتصنيف المرستيمات مثل مرحلة التطور والتركيب والموضع من جسم النبات والأصل والنشأة والوظيفة والهئة والامتداد، وهذه الأسس لا يجب بعضها بعضاً ، ولا يمكن وضع تحديد ضيق لها . وسنناقش فيما يلي الأنواع الرئيسية للمرستيمات .

تصنيف المرستيمات على اساس مرحلة التطور ومنهاجه : المرستيم البدائي أو الأول :

المنطقة التي ينشأ فيها النمو الجديد ، والتي ينشأ فيها الأساس الأولي للأعضاء الجديدة أو الأجزاء الجديدة من الأعضاء النباتية ، هي منطقة المرستيم البدائي أو الأول . وقد أطلق عليها أسماء متعددة كالمرستيم الابتدائي ، والمرستيم الحقيقي والمرستيم الجنيني . وتتضمن هذه المنطقة من الناحية التركيبية البداءات ونواتجها المباشرة لجميع خلايا صلبة ذات أضلاع متساوية ، وجدران رقيقة ، والنقر في مراحل تكونها المبكرة؛ السيتوبلازم نشط وله فجوات صغيرة أو غير ذى فجوات، والأنوية كبيرة ، والمسافات البينية دقيقة أو غير موجودة . والمرستيم الأول لغضو أو منطقة ما يكون محدود الامتداد ، ويختلف في كميته من نبات الى آخر ، كما يختلف في الأعضاء المختلفة وفي الظروف المختلفة للنمو . ومن الطبيعي أن الحدود غير قاطعة بين المرستيم الأول وما يصاحبه ويتمزج بحدوده من الخلايا المرستيمية التي سبقت نشأتها . وعندما تبدأ خلايا المرستيم الأول في تغيير حجمها وشكلها وطبيعة الجدار والسيتوبلازم ، فانها بذلك تبدأ عمليات تميز الأنسجة وتخصصها وهي تفقد عندئذ صفة المرستيم البدائي أو الأول ، لأنها تخطت تلك المرحلة المبكرة . وعلى سبيل المثال يوجد عند قمة عضو ما مرستيم له طول معين ولكن المرستيم

الأول هو الجزء الصبى منه وهو الجزء الطرفى الصغير . وما بقى من المرستيم يمثل المراحل الأولى من الأنسجة التى أنشأها هذا المرستيم البدائى الأول . ولا يوجد مصطلح محدد ليدل على هذه المنطقة المتطورة جزئياً والتى تتضمن بداية تخصص الأنسجة وما يزال الانقسام الخلوى فيها نشطاً .

كتلة وقرص وشريط المرستيم :

يمكن تصنيف المرستيمات ، على أساس اتجاه سطوح الانقسام الى كتل وأقراص وأشربة باعتبارها أشكال نمو . فعنى الكتلة المرستيمية ، يكون النمو فى سطوح ثلاثة أو يكون الانقسام فى كل الاتجاهات ويكون نتيجة ذلك زيادة الكتلة ؛ وفى الأقراص المرستيمية ، يكون النمو فى اتجاه سطحين اثنين ، ويكون نتيجة ذلك زيادة الرقعة . أما فى الأشربة فالانقسام يستمر فى اتجاه سطح واحد وينتج عنه صفوف وأعمدة من الخلايا وتكون وظيفته الأساسية زيادة العضو فى الطول . ومن أمثلة الكتل المرستيمية المراحل المبكرة فى كثير من الأجنسة ، والأكياس البوغية أو الجرثومية النامية ، ونسيج الاندوسبرم فى بذور كثير من النباتات ، والنخاع والقشرة أثناء التكون فى بعض النباتات . ومثال الأقراص المرستيمية ذات الطبقة الواحدة تلك التى تكون البشرة ، أما ذات الطبقتين وعدة الطبقات فواضحة فى بناء الورقة ، حيث يكون الانقسام فى المراحل الأولى فى مستوى سطح الورقة وفى مستويات قائمة عليه ، وينتج عن ذلك زيادة رقعة الورقة زيادة كبيرة مع زيادة قليلة فى ثخانتها . وللأشربة المرستيمية أهمية واضحة فى تكوين الجذور الصغيرة وتكوين القشرة والنخاع فى السوق الحديثة النشأة . وقد شاع استعمال مصطلح أشربة المرستيم ، ولكن من الأسف أنه استعمل أحياناً لا ليدل على مناطق انشاء الخلايا بل على مناطق تخصص الخلايا ، حيث تنظم فى صفوف طويلة . وفى الغالب تكون مثل تلك الصفوف أجزاء من كتل من الأنسجة المرستيمية تتميز باتجاه انقسام خلاياها . وقد استبدل فى الكتابات الحديثة بمصطلح صفوف المرستيم ، أشربة المرستيم ، لأن هذا أدق فى الوصف . ومن الواضح أن مثل هذه الأنواع من تصنيفات المرستيم يمكن تمييزها حيث الخلايا البرنشيمية ، أما المرستيمات ذات الخلايا البروزنشيمية فلا يمكن تصنيفها على ذلك النحو . والخلايا التى تبدأ فى الاستطالة تكون المراحل الأولى من الكميوم الأول (انظر الفصل الخامس) ، أو من الكولنشيمية (انظر الفصل الرابع) أو فى حزم الألياف .

تصنيف المرستيمات على أساس تاريخ الخلايا المنشئة :

يصنف المرستيم على أساس نوع النسيج الذى نشأ عنه الى مرستيم أولى أو ثانوى . المرستيم الأولى هو ما يبنى الجزء الأساسى الأولى من جسم النبات ويتضمن المرستيم البدائى أو الأول . ويجوز فى بعض الاستعمالات التفريق بين المرستيم البدائى أو الأول والمرستيم الأولى . فى المرستيم الأولى يكون المرستيم البدائى هو أسبق المراحل والباقى هو ذلك الجزء الوسيط بين المرستيم البدائى والأنسجة الناضجة . ومن صفات المرستيم الأولى أنه يتضمن المرستيم البدائى بصفة دائمة، منذ النشأة الجنينية، دون أن يكتنف تاريخها المتصل مرحلة تتحول فيها كلياً أو جزئياً الى خلايا دائمة أو تفقد فيها صفاتها المرستيمية . والمرستيم الأولى يوجد أساساً فى قمم السوق والجذور وأطرافها ، وبداءات الأوراق ومثيلاتها من الزوائد الجانبية .

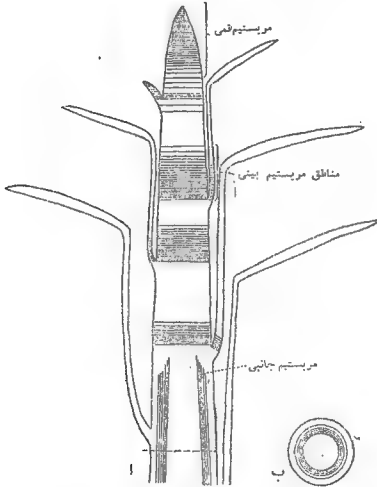
ولا يستثنى من قاعدة احتواء المرستيم الأولى على مرستيم بدائى متصل التاريخ منذ مرحلة الجنين غير قمم الجذور والبراعم الجانبية العرضية وفى بعض أنواع أنسجة الجروح . على أن الكثير مما يسمى البراعم العرضية ينشأ من براعم ساكنة مدفونة ، ولا تنشأ جديدة فى الأنسجة الدائمة . أما المرستيمات التى تنشأ الأعضاء العرضية الحقيقية فتتكون من أنسجة دائمة ، وهذه نشأة ثانوية ، ولكن نظراً لتركيبها ونواتج نشاطها فإنها تسمى مرستيمات أولية . وعندما يتم تكوينها فإنها قد تظل نشيطة دون توقف .

ويتميز المرستيم الثانوى عن الأولى بأنه ينشأ من أنسجة سبق لها النضج ، أى أنها خلايا يكتنف تاريخها مرحلة تصل فيها الى النضج ، وتتخذ هيئة النسيج الدائم أو تقترب من هذا الحال . وليس لهذه الأنسجة مرستيم بدائى حقيقى ، رغم الشبه الذى قد يكون بين طبقاتها المنشئة وبين المرستيم البدائى . وسبب تسميتها المرستيمات الثانوية ، أنها تنشأ من جديد فى خلايا غير مرستيمية . ومن أمثلتها كميوم الفلين ، الذى ينشأ فى خلايا ناضجة غير بالغة التخصص .

وينشأ المرستيم الأولى المراحل المبكرة من بناء الجسم النباتى ، وهى ما قد تكون من ناحية النشاط الوظيفى جسماً كاملاً ، أما المرستيم الثانوى فيضيف الى هذا البناء أنسجة اضافية تستبدل من ناحية النشاط الوظيفى الأنسجة السابقة أو تدعّمها أو تقوم بحماية مناطق الجروح وتضميدها .

أما الكميوم وهو واحد من أهم المرستيمات ، فلا يتيسر اعتباره على وجه التحقيق في أحد القسمين . فهو ينشأ من المرستيم الطرفى كجزء متخصص . أما الكميوم الاضافى فينشأ ثانويا . وينشئ الكميوم أنسجة ثانوية تماثل ما تنشئه المرستيمات الشانوية ، وفى ذلك يختلف المرستيم الأولى الذى ينشئ أنسجة أولية .

وقد قيل عن تقسيم المرستيم الى بدائى وثانوى، انه قليل الفائدة، ولكن جدواه الخاصة ، المعاونة على فهم المنهاج الذى يبنى عليه جسم النبات المعقد ، وكيف يتحور هذا الجسم باستمرار النمو .



(شكل ٣٥)

رسم تخطيطى يبين مواقع المرستيمات . الاجزاء ذات الخطوط المتقاربة هى الاسمى ،
الاجزاء غير المخططة . أ - منظر طولى . ب قطاع عرضى عند الخط ١ - ١

تصنيف المرستيمات على أساس موضعها في جسم النبات :

تصنف المرستيمات على أساس موضعها في جسم النبات الى طرفيه وبينية وجانبية (شكل ٣٥) . وتوجد المرستيمات الطرفية في قمم المخور والزوائد ، ويطلق عليها عادة القمم النامية . والمرستيم البيني يكون بين منطقتين من الأنسجة الدائمة ومثال ذلك المرستيم الذى يوجد عند قاعدة الأوراق في كثير من ذوات الفلقة الواحدة ، ويقع المرستيم الجانبى كما يدل عليه اسمه ، في جانب العضو ومن أمثلته الكميوم وكمبيوم الفلين) .

المرستيم الطرفى :

المرستيمات الطرفية أو القمم النامية عامة في النباتات الوعائية عند أطراف الجذور والسوق ، وأحيانا في أطراف الأوراق . وينتج عن نشاط هذه المرستيمات استطالة الأعضاء التى تقع عند أطرافها ، وبناء الجسم الأولى للنبات . ويكون على رأس نشاط النمو خلية واحدة أو عدة خلايا تقع عند طرف العضو ، وتحافظ تلك الخلية على كيانها وعلى وضعها ، وتسمى المنشئات الطرفية أو الخلايا الطرفية . وربما كانت الخلايا في نهاية العضو فقط أو أن تكون في نهايته وما دون النهاية أيضا .

الخلايا الطرفية :

تتميز بعض النباتات الوعائية بوجود الخلايا الطرفية المفردة ، منها ذيل الحصانيات وأغلب السراخس وبعض من التريادات الأخرى . أما فيما عدا ذلك من النباتات الوعائية فتوجد مجموعة أو مجموعات من الخلايا الطرفية أو من الخلايا الطرفية وتحت الطرفية تكون مركز الانشاء . ولم يتيسر بعد الإدراك الكامل لأوجه نشاط تلك الخلايا في انشاء الأنسجة . على أن الدراسات الدقيقة التى تمت في السنوات الأخيرة قد كشفت بعضا من غوامضها . ولما كان الفرق بسيطا جدا بين الخلايا المنشئة وبين خلاياها الوليدة الحديثة النشأة ، بل ربما لا يكون بينهما فرق قط ، ولما كان الانقسام غير المحدود قد يستمر في هذه الخلايا جميعا ، فإن من العسير جدا تحديد عدد الخلايا المنشئة ووضع حدود لها . وربما كان العدد ثابتا

في العضو الواحد وفي النوع النباتي الواحد ، ولكن من الجائز أيضا أن يتباين ذلك العدد ، وأن يختلف شكل مجموعة خلاياه في العضو الواحد في الفصول المختلفة ، والمرستيمات بالغة المرونة ، ويرجع ذلك الى التباين في شدة النمو ، وفي الظروف الموسمية ، والى شكل العضو النامي وهيبته . وأصبح من المعلوم أن في النباتات ذات البذور أتماطا عديدة من نشاط المرستيم الطرفي وتميز نواتجه ، وأن لكل من المجموعات الرئيسية للنباتات منهجا ميّزا للنمو الطرفي ، ولكن النمو قد لا يتبع هذا المنهاج اتباعا دقيقا ، بل قد ينحرف عنه في النبات الواحد (راجع نظرية البدن والغلاف) .

ويبدو أن الخلايا الطرفية المفردة ، تبقى على رأس نشاط النمو دائما ، أما حيث يوجد عدد أو مجموعة من الخلايا الطرفية فقد تنهض بوظيفتها لمدة محدودة ثم تستبدل بها خلايا جديدة . وفي أوقات النمو السريع، ربما أضيفت خلايا جديدة، تنشط مؤقتا في انشاء الأنسجة الجديدة .

انواع الخلايا الطرفية :

توجد أنواع متعددة من الخلايا الطرفية المفردة ، تختلف في الشكل وفي عدد الجوانب التي تنشأ منها الخلايا الجديدة، وأكثرها شيوعا نوعان ، العدسية الشكل أى ذات وجهين انشائيين ، ولا توجد في النباتات الوعائية ، والهرمية الشكل أى ذات الثلاثة الأوجه الانشائية (أشكال ١٣٧ ، ٤١) . الخلية من النوع الأول ذات أوجه ثلاثة ، ولكن انشاء الخلايا الجديدة يكون من وجهين، والخلية من النوع الثاني ذات أربعة أوجه ، ولكن انشاء الخلايا الجديدة يكون من ثلاثة منها . أى أن أسمائها تدل على أوجه النشاط لا أوجه الشكل . والوجه الذى لا تنشأ عنه خلايا جديدة ، يتجه في ناحية النمو الى أمام ، وقد تنشأ عن هذا الوجه في الجذور خلايا جديدة (شكل ٤١) . ويصغر حجم الخلية الطرفية بعد انشاء الخلايا الوليدة، ولكن بصفة مؤقتة ، اذ سرعان ما تسترجع حجمها بالنمو ، وتبقى الخلية في موضعها على رأس النمو الى مدى غير محدود .

ولنشاط الخلايا الطرفية المفردة ومنهاج انقسامها وانتظام الخلايا الناشئة عنها ، أهمية خاصة في دراسة الحزازيات من نواحي الشكل ، سواء في ذلك الأجزاء الخضرية وأعضاء التكاثر ومراحل دورة الحياة . ففي هذه النباتات تتكون نفس الأنسجة أو الأعضاء ، من مجموعة من الخلايا ذات أصل معين، وتوجد في موضع ما من النبات . وقد سبق الى الظن أن مثل هذا يقال عن النباتات الوعائية غير أن الثابت حالياً ، أن منهج النشاط في جزء معين من المرستيم الطرفي ، قد لا يكون له أثر ملحوظ على الشكل فيما يعلو الحزازيات من مراتب النبات .

المرستيم البيني :

يطلق هذا الاسم على أجزاء من المرستيم الطرفي، تنعزل عنه أثناء النمو، ويفصلها عن القمة طبقات من الأنسجة الناضجة ، وما يزال المرستيم الطرفي ينمو بينما تبقى تلك الأجزاء البينية متخلفة (شكل ٣٥) . والطبقات الناضجة هي مناطق السلاميات والمرستيمات البينية، وتكون في مناطق العقد بين السلاميات . وتتكون العقدة في المراحل المبكرة للنمو من نسيج مرستيمي خالص أو قريباً من ذلك ، ثم تتضح بعض أجزائها أسرع مما تتضح أجزاؤها الأخرى ، ومن ذلك ينشأ في منطقة العقدة تتابع ثابت في مراتب النمو في أغلب النباتات ، تكون الخلايا الأصبى عند قاعدة العقدة ، وفي بعض النباتات قد تكون في وسط العقدة أو في قمته . وحيث تكون المنطقة الاصبى عند القاعدة ، يكون تتابع النضج في خلايا العقدة قمياً ، فإذا كانت الخلايا الاصبى عند القمة كان التتابع قاعدياً ، وإذا كانت في الوسط كان التتابع الى أعلى وإلى أسفل .

وقد ساد الاعتقاد بأن المرستيم البيني يفصل عن المرستيم الوالدي (الطرفي) في مرحلة مبكرة جداً ، حتى أنه يشتمل على طبقة من المرستيم البدائي الأول، الذي تتضمنه المنطقة ، أي أنه ينشأ مناطق جديدة من العضو الذي يحويه ... وقد ثبت أن هذا الاعتقاد لا أساس له في النجيليات ، وربما لا يكون له أساس قط . ومع أن هذه المناطق تتكون جزئياً من خلايا المرستيم الأول ، فانه تعبرها الحزم الوعائية ذات الخشب الأول واللحاء الأول التي تتمثل فيها مراحل متباينة النضج . وبهذا

التركيب لا تعتبر المنطقة مرستيمًا ، إنما هي مرستيمية ومن الواجب أن تسمى كذلك .

وتوجد أوضح أمثلة المرستيم البيني في سوق النجيليات وغيرها من ذوات الفلقة الواحدة وفي ذيل الحصانيات ، وهي في هذه النباتات قاعدية الوضع ، وفي بعض أنواع النعناع حيث يكون المرستيم البيني تحت العقدة مباشرة . ويقال أنها توجد في السراخ الزهرى لبعض النباتات كالهندباء ولسان الحمل ^(١) وتكون فيها عند القمة . ويوجد المرستيم في قواعد الأوراق في كثير من ذوات الفلقة الواحدة كالنجيليات والسوسن وغير ذلك من النباتات كالصنوبر مثلاً . وتختفي المرستيمات البينية آخر الأمر فتتحول إلى أنسجة دائمة .

المرستيمات الجانبية :

تتكون المرستيمات الجانبية من خلايا منشئة ، تنقسم في اتجاه سطح واحد مواز لامتداد المحور ، وتزيد من قطر العضو الذي يحتويها . وهي تضيف إلى الأنسجة الموجودة فعلاً أو تنشئ أنسجة جديدة . ومن أمثلتها الكميوم وكميوم الفلين . وتوجد في حافة بعض الأوراق مرستيمات تنشط لفترة قصيرة ، سميت أيضاً مرستيمات جانبية ، ولكنها في الواقع لا تتبع أيًا من هذه التقسيمات التي ذكرناها .

تصنيف المرستيمات على أساس الوظيفة :

يعتمد تصنيف المرستيمات في دراسات التشريح الفسيولوجي على الأهمية الوظيفية للمرستيم . فالطبقة الخارجية من منطقة النمو الصبية تسمى منشئ البشرة ، لأنها تقوم بهذه الوظيفة ، أما منطقة الخلايا المستطيلة ذات الأطراف المذبية فهي الكميوم الأول ، وما عدا ذلك من النسيج المرستيمي ، يسمى المرستيم الأساسي أو مرستيم النسيج الأساسي . وليس الكميوم الأول هنا مرادفاً للكميوم الأول الذي سيرد ذكره في الفصل الخامس . لأن الاستعمال المورفولوجي ، يدل على المراحل المبكرة من نشأة النسيج الوعائي ، أما في

(١) هندباء Taraxacum ، لسان الحمل Plantago .

الاستعمال الفسيولوجى ، فالكميوم الأول يتضمن الخلايا منشئة النسيج الوعائى وغيرها أيضا .

نظريات التطور والتميز التركيبى :

ينتج عن تتابع مراحل النشاط والتميز فى المرستيمات أن تنتظم الخلايا فى وحدات بنائية أو فى مناطق تتميز بما يأتى :

١ — عدد الخلايا المنشئة ووضعها .

٣ — مستوى سطوح الانقسام وما يتبع ذلك من نظام للخلايا .

٣ — حجم الخلايا ومحتوياتها .

٤ — السرعة التى يتم بها فصح الخلايا .

وقد اقترحت عدة نظريات تتناول المناهج التى ينشأ بها نظام هذه المناطق وأهمية صفاتها التشرىحية والهستولوجية والمورفولوجية .

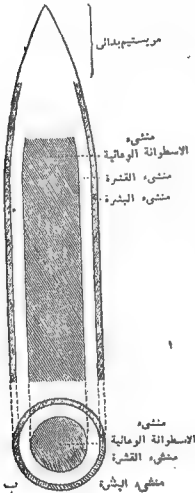
نظرية الخلية الطرفية :

توجد الخلية الطرفية فى كثير من الطحالب ، وفى الحزازيات وفى بعض من النباتات الرعائية وهى فضيلة البسيلوتم وفصيلة ذيل الحصانيات ، وأغلب السراخس وبعض أنواع الرصن^(١) وقد أظهرت الدراسات المبكرة للمرستيم الطرفى فى الحزازيات والسرخسيات ذات الخلية الطرفية الوحيدة ، الأهمية المورفولوجية فى تميز الطرف الى مناطق . وساد وقتئذ الاعتقاد أن الظروف ذاتها توجد فى النباتات الراقية ، رغم صعوبة تمييزها فى النباتات ذات البذور ، وقدمت نظرية الخلية الطرفية كقاعدة لفهم منهاج النمو ومورفولوجية المجموعات النباتية جميعا . ولكن نشأ الاختلاف والتعارض ، عند تناول قمم مغطاة البذور ، حتى أصبح من الواضح أن النظرية لا تنطبق على النباتات البذرية .

نظرية نشوء الأنسجة :

لقد حلت نظرية نشوء الأنسجة محل النظريات القديمة ، كأساس لتبيان نشاط القمم النامية فى النباتات البذرية . وتسمى هذه النظرية المناطق الأساسية فى

قمة الجذر ، أو الساق ، منشئات الأنسجة أى بناء الأنسجة ، بمعنى أن كلا منها
تبنى جزءا معينا من العضو . ويكون في كل قمة ثلاثة منشئات ، هى المنشئ
الوسطى وهو الأسطوانية الوسطى ، ومنشئ البشرة وهو طبقة خارجية ثخانتها



(شكل ٣٦)
رسم تخطيطى لقمة المحور بين منشئات
الطبقات ١٠ - قطاع طولى . ب قطاع عرضى

خلية واحدة ، ومنشئ القشرة وهو
ما بينهما (شكل ٣٦) . وقد كان الاعتقاد
أن النطاقات المنشئة أو الطبقات المكونة
لكل منها تتطور عن بداءات مستقلة .
أى أن هذه النظرية ، تعارض نظرية الخلية
الطرفية ، بأن جعلت الأصول الانشائية
مجموعة من الخلايا لا خلية واحدة .
وتختلف عنها أيضا في تحليل الظواهر
المورفولوجية وبيان أصولها . فالمنشئ
الوسطى يبنى النخاع والأنسجة الوعائية
الأولية ، ومنشئ البشرة يبنى البشرة ،
كما يبنى القشرة نسيج منشئ القشرة .

وقد طالكها هيمنت هذه النظرية
ومصطلحاتها على أفكار المشتغلين بعلم
التشريح النباتى وعلى تصورهم للأنسجة
والمناطق بل والأعضاء فى النباتات الوعائية
وارجاعها الى أصولها . ولكن تميز هذه
النطاقات المنشئة غير ممكن فى بعض

النباتات ، وفى نباتات أخرى لا يكون لهذه النطاقات مغزى مورفولوجى ، فالمنشئ
الوسطى قد ينشئ النخاع فقط ، أو قد ينشئ الأسطوانة الوسطى جميعا وأجزاء
من القشرة . بل أن نشاط النطاقات المنشئة قد يختلف فى المحاور المتناظرة على
النبات الواحد .

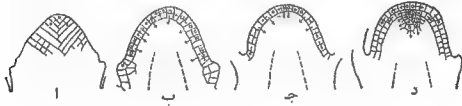
وواضح أن ليس لهذه المصطلحات قيمة مورفولوجية ، ولما كانت أهميتها الأساسية مرتبطة بقيمتها المورفولوجية ، فلم يعد لهذه النظرية استعمال على نطاق واسع ، واقتصر استعمال مصطلحاتها على الوصف الهستولوجى للسوق فى بعض الأحيان ، واستعمال أوسع فى وصف الجذور ، وتدل أساسا على نطاقات غير دقيقة الحدود .

نظرية الغطاء والبدن :

عاد الاهتمام بمراحل النمو فى محاور النباتات ذات البذور منذ حوالى عشرين سنة ، عندما وضعت نظرية الغطاء والبدن ، ولقى موضوع النشوء التكويني لقمم الساق فى النباتات الوعائية مزيدا من عناية الباحثين . وتقول نظرية الغطاء والبدن التى تطبق على السوق الهوائية ، بتميز منطقتين فى القمة النامية، تتباين فيهما سرعة النمو ومنهجه وتختلف فى التركيب والمظهر : جزء أوسط هو البدن، وطبقة خارجية تغلف البدن وتحوط به من جوانبه ومن فوقه هى الغطاء . والخلايا فى البدن كبيرة، ونهج الانقسام الحلوى وسطوحه غير محدد ، وهى بذلك تزداد فى الحجم، أما الغطاء فخلاياه فى العادة أصغر من خلايا البدن ، وتنظم فى طبقات أو فى صفائح ، والانقسام فيها فى اتجاهات متعامدة على السطح ، ولذلك فالنمو فيها يزيد أساسا من الرقعة . وتتباين هذه المناطق فى مدى وضوح حدودها وفى هيئتها وفى حجمها النسبية ، وحدودها فى الغالب غير واضحة المعالم ، والبدن فى الغالب ضخيم أو مستطيل أما الغطاء فيتراوح بين طبقة واحدة وطبقات قليلة أو عديدة . والعناصر الأساسية فى هذا التميز ، الذى يصاحب مراحل النمو فى المناطق المتجاورة ، هى موضع الخلايا المنشئة وعددها واتجاه سطوح الانقسام فيها وفى نواتجها .

يتراوح عدد الخلايا المنشئة من القليل الى العديد . وفى بعض الأحوال النادرة مثل بادرات الجيليات ، يكون الطرف صغيرا ورفيqa جدا ، وربما يتكون الغطاء من خلية أو خليتين ، ويتكون البدن من خليتين . على أن تحديد الخلايا المنشئة ، باعتبارها خلايا باقية ، تجدد نفسها ، أمر يكاد يكون مستحيلا فى أغلب الأحوال ، ذلك لأنها تختلف فى القليل ، أو لا تختلف قط عن الخلايا الوليدة حديثة التكون . ولا شك أن عدد الخلايا المنشئة لا يبقى ثابتا ، كما لا تبقى هيئتها ولا تتابع انقسامها .

وعندما تكون الخلايا المنشئة على السطح يكون انقسامها في اتجاه السطح العمودية على العضو ، وعلى السطح الموازي له ، وفي مثل هذه الأحوال لا يتضح الحد بين الغطاء والبدن - أشكال (١٣٧ ، ب ، ج - ١٣٨ - ١٣٩ ، ب) . وعندما



(شكل ٣٧)

رسم تخطيطية تبين موضع وسطوح الانقسام في الخلايا المنشئة بقمة الساق ١٠ - خلية طرفية مفردة ذات سطوح انقسام مائلة عمودية على مستوى وجه الساق . ب - الخلايا المنشئة عديدة وسطحية والانقسام فيها وفي منشوء البشرة على السطوح العمودية والموازية لوجه الساق . ج - الخلايا المنشئة عديدة وسطحية والانقسامات فيها على السطوح العمودية والموازية للوجه ، والانقسامات في منشوء البشرة عمودية الاتجاه في الغالب د - الخلايا المنشئة في نطاقات ثلاثة ، النطاقان الخارجيان فيهما الانقسامات على السطوح العمودية للوجه ، وينتج عنها طبقة الغطاء ، لغائتها خليتان . والنطاق الداخلي فيه الانقسامات في كافة الاتجاهات وينتج عنها البدن . الخلايا المنشئة مبيئة بدوائر تمثل الانوية

تكون الخلايا المنشئة في تجمع أو في كومة ، فإن الخلايا الخارجية تنقسم في سطوح عمودية على العضو ، وتكون منطقة الغطاء في وضوح ، وتنقسم الخلايا الداخلية في سطوح متعددة ويكون البدن (شكل ٣٧ د - ٣٨ د - ٣٩ ج ، د) . وفي مثل هذه الأحوال يكون لكل من الغطاء والبدن أساس مستقل ، ويكون التميز بين حدودها على درجة من الوضوح . وبين هاتين الحالتين المتناقضتين عدة مراحل متوسطة ، حيث يكون التميز بين البدن والغطاء ضعيفا أو مشكوكا فيه .

وفيما تحت الخلايا المنشئة أو تحت نواتجها المباشرة (وهما مكونات المرستيم الأول) ، يبدأ تميز الخلايا في الحجم والشكل والانتظام ، وينتج عن ذلك تخصص الأنسجة وبناء الهيكل العام للتركيب الأولى للنبات (انظر الفصل الخامس) . وتداخل المناطق والمراحل المختلفة ، أو تتطابق أطرافها في الترتيب الطولي . ولا يضطرب التتابع التدريجي في تطور الأنسجة من القمة الى ما دونها من الأجزاء الا حيث العقد أو حيث ينشأ تركيب جانبي .

أنواع قمم الساق :

يتبع تميز النطاقات في قمة الساق في النباتات الوعائية ، نظاما يكاد يكون ثابتا ، ويبدو كأنه من الخصائص المميزة للمجموعات الكبرى . ويظهر في تلك النظم زيادة

تدرجية في التعقد من النباتات الدنيا الى النباتات الراقية ، ويبدو كأنها تمثل مراحل من التخصص تتدرج من البساطة الى التعقد . ففي المجموعات الدنيا ، تكون الخلايا المنشئة في طبقة ، ثخاتها خلية واحدة ، ولا يوجد دليل على التميز بين البدن والغطاء ، أما في المجموعات التي تمثل قمة الرقي ، فتكون الخلايا المنشئة جميعا من طبقتين ، احدهما سطحية وهي الغطاء ، وتكون على الأرجح ، طبقة ثخاتها خلية واحدة ، والثانية داخلية تكون البدن . وتقع أغلب النباتات ذات البذور في مرتبة وسط بين النوعين .

النوع البدائي من قمة الساق :

تكون قمة الساق غير متميزة الى بدن وغطاء ، بل تكون بسيطة ذات منشئات سطحية في بعض التريديات كالمسكية^(١) وايزوتس^(٢) وبعض أنواع الرصن^(٣) وفي بعض عاريات البذور البدائية والسيكاديات^(٤).

لنأخذ المسكية ، (شكل ١٣٨) كمثال لهذا النوع البدائي . الطبقة المنشئة غير واضحة الحدود ، وتتكون من طبقة سطحية ثخاتها خلية واحدة ، تنقسم في الاتجاهات العمودية على السطح والاتجاه الموازي له . ولا يمكن التميز بين منشئات محددة الطابع ، فكل خلايا الطبقة المنشئة متشابهة من الناحية الشكلية . والانقسام العمودي على السطح يوسع الرقعة ، والانقسام الموازي له ينشئ الأجزاء الداخلية .

قمة الساق ذات التميز الضعيف بين البدن والغطاء :

يكون أول التميز بين البدن والغطاء ممكنا في بعض عاريات البذور البدائية . ففي الفصيلة الصنوبرية (جنس الصنوبر) و (جنس التنوب^(٥)) ، تكون الخلايا المنشئة على هيئة مجموعة طرفية ، ثخاتها خلية واحدة . وينشأ عن تلك المجموعة بالانقسام العمودي والموازي حشو وسطى ، وغلاف ثخاته خلية

Lycopodium. (١)

Isoetes. (٢)

Selaginella. (٣)

Cycads. (٤)

Abies. (٥)

واحدة ، (شكل ٣٧ ج ، ٣٩ ا) . ويكون الأخير أشبه ما يكون بالغطاء ، ولكنه يتضمن بعض الانقسامات المتوازية مع السطح ، حتى في الأجزاء القريبة من القمة ، ولذلك فمن العسير وضع حدود للأنسجة التي تنشأ من المنطقتين .

أما في بعض المخروطيات الأرقى ، فتوجد مرتبة من التميز أوضح ، (أشكال ٣٨ ج ، ٣٩ ب) وهي تشبه فصيلة الصنوبريات ، في وجود مجموعة صغيرة من الخلايا المنشئة ، تنتظمها طبقة ثخانتها خلية واحدة ، وتنقسم على السطوح العمودية والموازية للوجه . وتنشأ عن هذه الانقسامات ، طبقة تشبه طبقة منشئ البشرة ، وكتلة وسطية .

والانقسامات الموازية للسطح ، نادرة أو غير موجودة في الطبقة الخارجية ، ما عدا في الأجزاء الملاصقة للقشرة . ويقتصر نشاط الطبقة الخارجية في بناء الجسم النباتي خاصة على الخلايا الموجودة في أقصى الطرف ، ولكنها لا تلبث فيجا دون الطرف أن تصبح كالغطاء ، وخاصة في تحديد سطوح الانقسام .

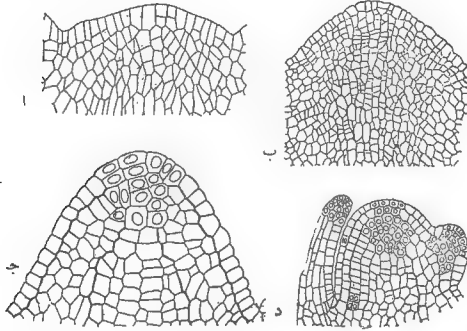
وفي المخروطيات التي تناولتها الدراسة المحصنة الدقيقة ، ظهر أن جنسين فقط هما كريبتوميريا^(١) وتكسوديوم^(٢) ، تشتمل قمم سوقها النامية ، على طبقة منشئة للبشرة ، لا يكون فيها الانقسام على سطوح موازية للوجه ، أن يكون ذلك نادرا جدا . ولقمم المخروطيات مظهر تركيبى ، يبدو كأنه يشتمل على بدن وغطاء ، ولكن الفحص الدقيق أظهر أن خلايا القمة في النباتات التي تمت دراستها ، تتضمن طبقة واحدة من المنشئات ، أى أن المناطق المرستيمية المستقلة غير متميزة .

وتوجد في المخروطيات تراكم متباينة في القمم النامية . حتى أن الاختلافات الواضحة قد تظهر في أفراد النوع الواحد ، وهي اختلافات ترتبط جزئيا بمرفولوجية الساق ، وقوة النمو وغير ذلك من الظروف .

قمم الساق ذات الغطاء والبدن الواضح :

عادة يكون تميز المرستيم الطرفي في نطاقات أوضح في كاسيات البذور عنه فيما دونها من المجموعات النباتية ، إذ توجد مجموعتان من الخلايا المنشئة ، واحدة

فوق الأخرى ، وتبنى الغطاء والبدن ، وهى طبقات تامة الاستقلال والتعيز أو قريبة من ذلك (أشكال ٣٧ د ، ٣٩ ج) . ولا يوجد فى الغطاء انقسامات موازية للسطح ، أو لا تكاد توجد ، وتتراوح ثخائته بين خلية واحدة وعدة



(شكل ٣٨)

تركيب قم الساق كما تبدو فى القطاع الطولى (ا) نبات المسكية ، ويتكون الطرف من خلايا منشئة سطحية تنقسم فى الاتجاهات العمودية والموازية للوجه (ب) نبات الوامية ، يتكون الطرف من مجموعة سطحية من الخلايا المنشئة السطحية تنقسم فى الاتجاهات العمودية والموازية للوجه (ج) نبات السكوبا الخلايا المنشئة الطرفية تنقسم فى الاتجاهات العمودية والموازية ، الخلايا تحت الطرفية تنقسم فى كافة الاتجاهات (الخلايا المنشئة مبن فيها دوائر صغيرة مثل الأنوية) . (نبات الخيزران الصينى - النضاد من طبقتين ، والانقسام فى الاتجاهات العمودية فقط الا فيما ندر . الخلايا المنشئة فى البدن عديدة فى كتلة تحت منشآت الغطاء والانقسام فيها فى كافة الاتجاهات . (الخلايا المنشئة فى قمة الساق وأطراف الأوراق مبنية بدوائر صغيرة تمثل الأنوية) الخطوط الفليطة فى الرسم (ج) لا تدل على جدران فليطة انما تبين الحدود بين نطاقات طبقة سطحية هى منشوء البشرة ، وكتلة سطحية تكون النخاع ، اما فى الرسم (د) فتبين الخطوط الفليطة طبقتين الغطاء والجزء الوسطى من البدن ، ويتكون بالانقسامات الموازية للسطح فى خلايا البدن السفلى

خلايا ، والأغلب أن يكون غلظها خليتين أو ثلاث خلايا . ويختلف عدد طبقات الغطاء حتى فى أفراد النوع النباتى الواحد ، والأعداد العالية تكون أكثر شيوعا فى ذوات الفلقتين . والغطاء ذو الطبقة المفردة ، مثلما يوجد فى العجيلات كالشوفان والقمح ، يمثل أكثر المراتب تخصصا ، ولكن حتى فى تلك الأحوال ، قد يحدث الانقسام الموازى للسطح مثلما يحدث فى الذرة . ويتباين البدن من الكتلة الكبيرة المعقدة الى العمود النحيل البسيط . وتكون الحدود بين مجموعتى

خلايا البدن والغطاء واضحة في العادة ، ولكن تينها في بعض الأحوال عسير أو مستحيل وفي بعض الأجناس (مثل الفصيلة الشوكية) ، لا تظهر القمة تميزا بين البدن والغطاء ، وتشبه قمم عاريات البذور البدائية . ومن أمثلة ذلك الخيزران الصينى (شكل ٣٨ د) ، والونكة الوردية ^(١) (٣٩ ج) . وفي الخيزران الصينى يكون الغطاء من طبقتين (وأحيانا يكون من طبقة واحدة أو من ثلاث) ، أما في الونكة فيكون الغطاء من أربع طبقات .

مناقشة نظرية الغطاء والبدن :

لقد عاينت نظرية الغطاء والبدن ، معاونة مذكورة ، في وضع أسس ادراكنا لنظم المستيمات الطرفية ، في ذوات البذور ، وما تنسم به من تعقد وتباين . وقد أثارت الاهتمام بالدراسات المتعمقة ، لأنها هيأت الأساس والوسيلة لهذه الدراسات ، وتجمعت لدينا البيانات التفصيلية عن عدد عظيم من النباتات . وأصبحت معارفنا تشتمل على ادراك ، ولو محدود ، لوضع الخلايا المنشئة في سوق النباتات ذات البذور ، واعدادها وأوجه نشاطها ، كما أصبح المامنا أعظم بالمراحل الأولى من نشأة البناء الأولى للساق . والغطاء والبدن في هذه النظرية ، مثلها في ذلك مثل الطبقات المنشئة في نظريتها ، ذات قيمة مورفولوجية قليلة أو غير ذات قيمة من هذه الناحية . ولكن التمييز بين الغطاء والبدن ، له قيمة في دراسة تفاصيل النمو ، وتميز المناطق في العضو النباتى . والحذر واجب أن لا يرتبط المظهر المورفولوجى مع استعمال هذه النظرية ، لأن حدود الغطاء والبدن غير واضحة في الغالب ، وحيث يمكن التمييز بين حدودهما ، فإن النطاقين قد لا يكون تركيبهما ووظيفتهما ثابتة ، بل تتغير تبعاً للظروف الموسمية ، وقوة النمو وعمر النبات ووضع المرستيم الطرفى في النباتات ومورفولوجية قمة الساق . وعلى سبيل المثال ، نذكر أن الطبقة الداخلية من الغطاء في الفروع الأولية لبعض النباتات تكون الطبقة الخارجية من البدن في الفروع الثانوية . وقد يتباين عدد طبقات نطاق الغطاء في الأطراف المتشابهة في نفس الوقت . وهى في العادة تقل في الفروع الجانبية عنها في الفروع الرئيسية القوية . والفروق التى تشاهد حتى في النبات الواحد بين غلط الغطاء ووضوح حدوده ، في الأوقات المختلفة ،

والأوضاع المورفولوجية المختلفة ، كالفرق بين الفروع الأصلية والجانبية ، والفروع الدائمة والمتساقطة ، والأطراف الخضرية الوسطى ، والأطراف الزهرية القيمة والأشواك ، هذه الفروق ترتبط بطروف النمو وبالطبيعة المورفولوجية للعضو النامي . ولذلك فمن المرغوب فيه ، إيجاد أساس مرئ يتسع لأوصاف المرستيم جميعا . ولذلك فالواجب أن نفهم فكرة الغطاء والبدن ، على أنها ذات طبيعة ديناميكية مرنة ، وأنها لا تمثل مناطق ثابتة من النواحي المورفولوجية أو الوظيفية .

وتنشأ الأعضاء الجانبية للساق ، مثل الأوراق والفروع والأجزاء الزهرية ، قرب القمة ، وقد أضافت دراسات الغطاء والبدن الكثير الى معارفنا عن أصول هذه الأعضاء ومراحل نموها المبكرة .

الطرف الزهرى :

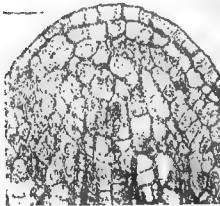
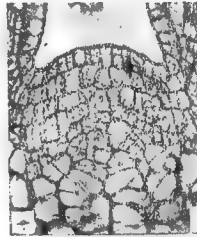
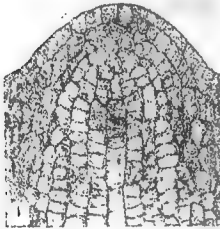
لا يوجد اختلاف جوهري بين تركيب الطرف الزهرى (شكل ٣٩ د) وطرف الساق الخضرى . أما ما يمكن تمييزه من الفروق بينهما ، فهو ما يرجع الى طبيعتهما الموروثية ، التى تحدد مستقبل المحور مثل ما يشاهد فى الطرف الزهرى ، من ضغط للسلاميات وتزاحم للزوائد الجانبية .

ولقد قيل ان الطرف الزهرى ، يختلف بوضوح عن الطرف الخضرى ، وان المنشآت الطرفية تبنى المحور المركزى فى الطرف الخضرى ، ولكن بناء الطرف الزهرى ، تشترك فيه المنشآت الطرفية وما يتأخما من الأنسجة ، وأن ليس للغطاء فى الطرف الزهرى نطاق منشئ متميز ، اذ يمتد الانقسام المتوازى الى أى مدى بداخله . على أن هذه الفروق التى قد تشاهد ، والتى تتباين فى درجتها تبعا لهيئة الزهرة وبنائها لا تعتبر فروقا مورفولوجية ، بل ترتبط أساسا بوظيفة الطرف الذى يكون الزهرة ، فتتوقف الاستطالة ، وتفقد منشآت النمو الخضرى السابق كيانها ، ويتركز النمو فى المناطق الجانبية ، حيث تنشأ الزوائد العديدة عند المناطق العقدية المضغوطة بعضها الى بعض ، وينتج عن الانقسامات الموازية للسطح تضخم التخت الزهرى ، وما يحمله من الزوائد والأعضاء الزهرية . وأن تمييز نطاق خارجى ، وآخر داخلى ، يتباين فى الطرف الزهرى ، كما يتباين فى الطرف الخضرى وربما كان عدد طبقات الغطاء فى الطرف الزهرى لبعض النباتات أكثر أو أقل من

عدها في أطرافها الخضرية . وفي مراحل النشوء الذاتي للنبات ، ينشأ الطرف الزهري بتحول تدريجي أو مفاجيء للطرف الخضرى .

الطرف الجلى - قمة الجذر :

الطرف المرستيمى في الجذر ، أبسط في التركيب العام من طرف الساق ، اذ ليس له الزوائد النامية ، ولا ينقسم الى سلاميات وعقد ، ولكن جزءه الطرفى معقد التركيب ، بما يتكون فيه - بوسائل مختلفة - من قلسوة الجذر . والقلسوة

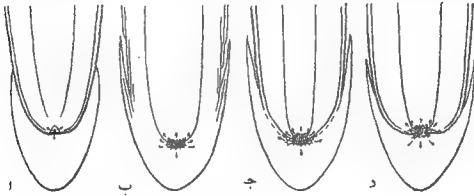


(شكل ٣٩)

تركيب قم الساق كما يبدو في القطاع الطولى (ا) نوع النخوب ، الخلايا المنشئة في الطبقة السطحية تنقسم في الاتجاهات العمودية والمتوازية للوجه ، والخلايا تحت الطرفية تنقسم في كافة الاتجاهات . (ب) نوع من السكوبا ، الخلايا المنشئة السطحية تنقسم في الغالب في اتجاهات عمودية على الوجه ، والخلايا المنشئة تحت الطرفية تنقسم في كافة الاتجاهات . (ج) الوتكة الوردية ، الغطاء من ثلاث طبقات وتنقسم في الاتجاهات العمودية على الوجه فقط ، البدن واضح وخلاياه تنقسم في كافة الاتجاهات . (د) نوع من الفلكس ، طرف زهري

هى الجزء الطرفى من قمة الجذر ، تتميز بدرجات متفاوتة عما دونها من الأنسجة ، وهى تغطى القمة المنشئة فى الجذر وتحميها . وتتكون من الخلايا المنشئة التى تبنى الجذر ذاته فى كافة أنواع الجذور . ما عدا جذور ذوات الفلقة الواحدة ، وفيها يكون للقلنسوة أصل مستقل . ومن الطبيعى أن تتناول نشأتها عندما تتناول الطرف الجذرى ، أما تركيبها وأحوال وجودها ، فسيأتى الكلام عنها فى الفصل العاشر .

والمرستيم الطرفى قصير فى الجذر اذا قورن عرستيم الساق ، وتخصص النطاقات واضح ، والمراحل الأولى لا تكاد تتجاوز الملبتر الطرفى فيما دون القلنسوة (أشكال ٤١ ، ٤٢) . ويمتد النمو فى القلنسوة وفى الجذر ذاته ، فى اتجاهين متضادين ، أما عدد الخلايا المنشئة ، فيتراوح من الخلية الواحدة الى عدة خلايا (شكل ٤٠) . فاذا كانت عديدة ، فهى تنتظم فى عدد يتراوح بين واحدة وأربع من المجموعات الواضحة ، ثخانة كل مجموعة خلية واحدة . (أشكال ٤٠ ب ، ج ، د) وتشتمل كل مجموعة على خلية منشئة واحدة أو عدة خلايا . وتكون الخلايا المنشئة فى الأجزاء الوسطية من طبقة ثخاتها خلية واحدة ، ولذلك لا يمكن تمييزها عن نواتجها الحديثة ، الا اعتمادا على موضعها واقتصار الانقسام فيها على عدة الاتجاهات العمودية على السطح . وعلى العموم فان عددها يمكن تحديده على وجه التقريب . ويختلف عدد الخلايا المنشئة باختلاف قطر الجذر وسرعة نموه .

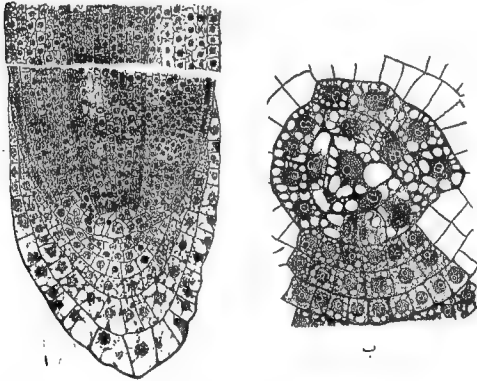


(شكل ٤٠)

رسم تخطيطية لأنواع من قمم الجذور . - (أ) خلية منشئة طرفية وحيدة ، القلنسوة واضحة ولكن غير مستقلة فى أصلها . - (ب) الخلايا المنشئة فى مجموعتين والقلنسوة غير مستقلة وتنشأ عن الخلايا المنشئة التى تنتج البشرة والقشرة . - (ج) الخلايا المنشئة فى مجموعات ثلاث ، القلنسوة غير مستقلة البناء وتنشأ من أصل واحد مع البشرة (د) الخلايا المنشئة فى مجموعات ثلاث ، القلنسوة واضحة البناء وذات أصل مستقل

ففي الجذور النخيلة ، ربما اقتصر عددها على واحدة ، كما هي الحال في بعض النجيليات ، ولكن تميز النطاقات بظل واضح . وتكون الحدود بين النطاقات أقل وضوحا في أطراف الجذور الغليظة . وعندما توجد أكثر من مجموعة متميزة ، فإن تلك المجموعات تنتظم ، الواحدة بجوار الأخرى ، موازية للمحور الطولي للجذر (شكل ٤٠) .

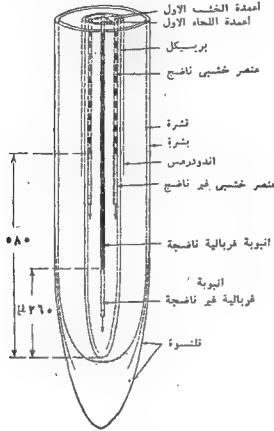
وسرعان ما ينشأ عن كل من تلك المجموعات ، نطاق أو أكثر من نطاقات النمو ، وهي أوضح تميزا في الجذر عنها في قمة الساق (أشكال ٤١ ، ٤٢) . ويبدو في كثير من النباتات أن هذه النطاقات ، تمثل مناطق منشآت الأنسجة التي سبقت الإشارة إليها ، وإلى نظريتها ، ولذلك فقد طال الأمد بالاعتماد على تلك النظرية ، في تبيان مناطق النمو في قمة الجذر . وعلى الرغم من أن مصطلحات نظرية نشوء الأنسجة ، وهي منشأ البشرة ، ومنشأ الأسطوانة الوسطى ، ومنشأ القشرة



(شكل ٤١)

قمة الجذر في سرخس المديشار . (أ) قطاع طولى وسطى يبين الخلايا الطرفية ذات وجوه الانقسام الأربعة (واحد منها ليس في مستوى القطاع) ونشأة الأنسجة من هذه الخلايا كما تظهر طبقات المنشأ الوسطى ، ومنشأ القشرة ومنشأ البشرة . (ب) قطاع عرضى يمر بالخلايا الطرفية المنشأة بين الوجوه الثلاثة التي تنشأ عندها الخلايا الوليدة وتكون أنسجة الجذر

لم يعد لها استعمال واسع في وصف مراحل النشوء الذاتي للمناق ، فما زالت تستعمل من باب التيسير ، لتدل على النطاقات الأساسية في الجذر النامي . وقد أضيف إليها منشء القلنسوة ، في الأحوال التي يكون للقلنسوة فيها منشء مستقل .



(شكل ٤٢)

رسم تخطيطي لجذر ثنائي الحزم (الطباق) يبين قمة الجذر ويوضح مراحل نشأة العناصر الرمائية الأولى

ويكتشف البيانات التي نشرت كثير من الغموض بالنسبة للطريقة التي تنشأ بها تلك النطاقات ، ولا تتفق الآراء على عدد أنماط النمو وطرقه . ووضوح النطاقات متباين والطرز الوسيطة بين الأنواع ذات النطاقات الواضحة ، سبق أن تناولها الوصف . على أنه يبدو وجود أنظمة أساسية للأقسام النباتية الرئيسية . ويعتمد النظام على عدد الخلايا المنشئة ، وعدد المجموعات التي تنظم هذه الخلايا ، والنطاقات التي تنشأ عن كل من هذه المجموعات ، والطبيعة المورفولوجية للقلنسوة ، ومدى استقلال هذه القلنسوة .

للنباتات الوعائية اللازهرية خلية طرفية واحدة في قمة الساق — نذكر منها ذيل الحصانيات ، وأغلب السراخس وبعض أنواع الرصن — ولهذه النباتات أيضا خلية طرفية واحدة في قمة الجذر (أشكال ٤٠ ، ٤١) . هذه الخلية المفردة ، تقوم ببناء الجذر جميعه والقلنسوة ، وهى فى العادة متميزة التركيب ، ومنشأ القلنسوة من الخلية الطرفية الكبيرة واضح .

أما فى كثير من عاريات البذور فتوجد مجموعتان من الخلايا المنشئة (شكل ٤٠ ب) . تكون المجموعة الداخلية المنشئ الوسطى والمجموعة الخارجية منشئ القشرة والقلنسوة ، ومن العسير تحديد الخط الفاصل بين المجموعتين ، وتبدو القلنسوة كنمو طرفى لمنشئ القشرة . ولا يوجد منشئ القشرة ك نطاق مستقل متميز فى كل القمم ، على نحو ما يكون فى المجموعات الأخرى ، ولكن تنشأ البشرة من منشئ القشرة على مسافة قصيرة من القمة ، حيث تنفصل قاعدة القلنسوة عن منشئ القشرة .

أما فى كاسيات البذور فتوجد فى أغلب الأحوال ثلاث مجموعات من الخلايا المنشئة ، وفى أحوال نادرة تكون أربعة . وتكون المجموعة الطرفية فى ذوات الفلقتين القلنسوة ومنشئ البشرة ، كما تكون المجموعة الوسطى منشئ القشرة والمجموعة الداخلية المنشئ الوسطى (شكل ٤٠ ج) . وأوضح مميزات الطرف الجذرى فى هذا القسم النباتى ، هو وجود أصل واحد للقلنسوة ومنشئ البشرة . أى أن الجزئين الواقين فى الجذر ينشآن عن مجموعة منشئة واحدة ، ولذلك يمكن اعتبار القلنسوة ، من الناحية المورفولوجية ، كنمو متخصص من البشرة .

ولذوات الفلقة الواحدة ، مثل ذوات الفلقتين ، ثلاث مجموعات من الخلايا المنشئة ، ينتج عنها أربعة نطاقات . ولكن المجموعة الخارجية تنشئ القلنسوة وحدها ، والمجموعة الوسطى تنشئ البشرة والقشرة . أى أن أهم ما يميز هذا القسم النباتى (ذوات الفلقة الواحدة) هو استقلال القلنسوة فى الأصل والتركيب . وأن النطاقين (البشرة والقشرة) اللذين ينشآن عن مجموعة منشئة واحدة يختلفان عن النطاقين (البشرة والقلنسوة) اللذين ينشآن عن مجموعة منشئة واحدة فى ذوات الفلقتين . وعلى الرغم من أن المجموعة التى تنشئ البشرة والقشرة تكون ثخانتها فى العادة خلية واحدة (شكل ٤٠ د) إلا أنها قد تكون فى بعض الأحوال خليتين أو أكثر . ونادرا ما تنشأ النطاقات جميعا من مجموعات منشئة مستقلة .

والأمثلة المعروفة التي يوجد فيها أربع مجموعات انشائية ، هي بعض النباتات المائية .
في ذوات الفلقة الواحدة مثل الزقيم^(١) وقاتل الضفدع^(٢).

وقد وصفت الاختلافات في الأنواع ، بأنها تمثل مراتب وسيطة ، واختلفت الآراء في تحديد عدد الطرز وصدق الأسم التي بنى عليها تحديدها . ولذلك فما تزال القمة النامية في الجذر ، في حاجة الى مزيد من الدراسات المقارنة ، التي تتميز بالتمحيص ، والتوسع ، على نحو ما حظيت القمم النامية في الساق ، في ظل نظرية الغطاء والبدن .

العلاقة بين طرز النمو في طرف الجذر :

يبدو أن التقدم التطوري قد امتد من الطراز ذي المركز الواحد للنمو الى مجموعة من ثلاثة أو أربعة مراكز للنمو ، مع اطراد في مدى استقلال كل نطاق . أما القلنسوة فيبدو أن طريقة نشأتها كانت مختلفة . ففي النباتات الدنيا كان لها أصل واحد مع سائر أجزاء الجذر . وفي عاريات البذور يكون أصلها الجزء الخارجى من منشئ القشرة ، وفي مثل هذه الأحوال يتعطل ظهور منشئ البشرة ، اذ ينشأ نتيجة لتخصص في طبقات منشئ البشرة فيما تحت السطح . وفي ذوات الفلقتين ، يبدو كأن القلنسوة جزء متخصص من البشرة . وفي ذوات الفلقة الواحدة تكون القلنسوة مستقلة الأصل .

المراجع — REFERENCES

- ARTSCHWAGER, E. : Anatomy of the vegetative organs of the sugar cane, *Jour. Agr. Res.*, **30**, 197-221, 1925.
BALL, E. : The development of the shoot apex and of the primary thickening meristem in *Phoenix canariensis* Chaub., with comparisons to *Washingtonia filifera* Wats. and *Trachycarpus excelsa* Wendl, *Amer. Jour. Bot.*, **28**, 820-832, 1941.
BOKE, N. H. : Zonation in the shoot apices of *Trichocereus spachianus* and *Opuntia cylindrica*, *Amer. Jour. Bot.*, **38**, 656-664, 1941.
BOND, T. E. T. : Studies in vegetative growth and anatomy of the tea plant (*Camellia thea* Link) with special reference to the phloem,

- II. Further analysis of the flushing behaviour, *Ann. Bot.*, **9**, 183-216, 1945.
- BROOKS, R. M.: Comparative histogenesis of vegetative and floral apices in *Amygdalus communis* with special reference to the carpel, *Hilgardia*, **13**, 249-299, 1940.
- BRUMFIELD, R.: Cell lineage studies in root meristems by means of chromosome rearrangements induced by X-rays, *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 101-110, 1943.
- CROSS, G. L.: The structure development of the apical meristem in the shoots of *Taxodium distichum*, *Bull. Torrey Bot. Club*, **66**, 431-452, 1939.
- -: The shoot apices of *Athrotaxis* and *Taiwania*, *Bull. Torrey Bot. Club*, **70**, 835-848, 1943.
- -: A comparison of the shoot apices of the Sequoias, *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 130-142, 1943.
- ENGARD, C.J.: Organogenesis in *Rubus*, *Univ. Hawaii Res. Publ.*, **21**, 1-234, 1944.
- ESAU, K.: Ontogeny in the vascular bundle in *Zea mays*, *Hilgardia*, **15**, 327-356, 1943.
- -: Phloem anatomy of tobacco affected with curly top and mosaic, *Hilgardia*, **13**, 437-490, 1941.
- FLAHAULT, C.: Recherches sur l'accroissement de la racine chez les phanérogytes, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **6**, 1-168, 1878.
- FOSTER, A. S.: Structure and growth of the shoot apex in *Ginkgo biloba*, *Bull. Torrey Bot. Club*, **65**, 531-556, 1938.
- -: Problems of structure, growth and evolution in the shoot apex of seed plants, *Bot. Rev.*, **5**, 454-470, 1939.
- -: Further studies on zonal structure and growth of the shoot apex of *Cycas revoluta* Thunb., *Amer. Jour. Bot.*, **27**, 487-501, 1940.
- -: Comparative studies on the structure of the shoot apex in seed plants, *Bull. Torrey Bot. Club*, **68**, 339-350, 1941.
- CRÉGOIRE, V.: La morphogénèse et l'autonomie morphologique de l'appareil floral. I. Le carpelle, *La Cellule*, **47**, 287-452, 1938.
- HARTSEL, K.: Studien an Vegetationspunkt einheimischer Lycopodien, *Beitr. Biol. Pflanzen*, **25**, 126-168, 1938.

- HELM, J.: Das Erstärkungswachstum der Palmen und einiger anderer Monokotylen zugleich ein Beitrag zur Frage des Erstärkungswachstums der Monokotylen überhaupt, *Planta*, **26**, 319-364, 1936.
- Hsu, J.: Structure and growth of the shoot apex of *Sinocalamus Peecheyana* McClure, *Amer. Jour. Bot.*, **31**, 404-411, 1944.
- JANCEZWSKI, E. DE: Recherches sur l'accroissement terminal des racines dans les phanérogames, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 5 sér., **20**, 162-201, 1874.
- JOHANSEN, D. A.: A proposed new botanical term, *Chron. Bot.*, **6**, 440, 1941.
- JOHNSON, M. A.: Structure of the shoot apex in *Zamia*, *Bot. Gaz.*, **101**, 189-203, 1939.
- : Zonal structure of the shoot apex in *Encephalartos*, *Bowenia* and *Macrozamia*, *Bot. Gaz.*, **106**, 26-33, 1944.
- KEMP, M.: Morphological and ontogenetic studies on *Torreya californica* Torr. I. The vegetative apex of the megasporangiate tree, *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 504-517, 1943.
- KLEIM, W.: Vegetationspunkt und Blattanlage bei *Avena sativa*, *Beitr. Biol. Pflanzen*, **24**, 281-310, 1937.
- KOCH, L.: Ueber Bau und Wachstum der Sprossspitze der Phanerogamen, I Die Gymnospermen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **22**, 491-680, 1891.
- KORODY, E.: Studien an Spross-Vegetationspunkt von *Abies concolor*, *Picea excelsa* und *Pinus montana*, *Beitr. Biol. Pflanzen*, **25**, 23-59, 1938.
- MILLER, H. A., AND R. H. WETMORE: Studies in the developmental anatomy of *Phlox Drummondii* Hook., III. The apices of the mature plant, *Amer. Jour. Bot.*, **33**, 1-10, 1946.
- NEBEFF, F.: Ueber Zellumlagerung. Ein Beitrag zur experimentellen Anatomie, *Zeitschr. Bot.*, **6**, 465-547, 1914.
- NEWMAN, I. V.: Studies in the Australian Acacias. VI. The meristematic activity of the floral apex of *Acacia longifolia* and *A. suaveolens* as a histogenetic study of the ontogeny of the carpel, *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, **61**, 56-88, 1936.
- REWE, R. M.: Comparative ontogeny of the inflorescence and the axillary vegetative shoot in *Garrya elliptica*, *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 608-1943.

- RUDIGER, W.: Die Sprossvegetationspunkte einiger Monocotylen
Beitr. Biol. Pflanzen, 26, 401-443, 1939.
- SATINA, S., A. F. BLAKESLEE, AND A. G. AVERY: Demonstration of the three germ layers in the shoot apex of *Datura* by means of induced polyploidy in periclinal chimæras, *Amer. Jour. Bot.*, 27, 895-905, 1940.
- SCHMALFUSS, K.: Untersuchungen über die interkalare Wachstumszone an Glumifloren und dikotylen Blutenschaften, *Flora*, 124, 333-366, 1930.
- SCHMIDT, A.: Histologische Studien an phanerogamen Vegetationspunkten. *Bot. Arch.*, 8, 345-404, 1924.
- SCHUEPP, O.: Meristeme, In Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie." IV. Berlin, 1926.
- SHARMAN, B. C.: Developmental anatomy of the shoot of *Zea mays* L., *Ann. Bot. n.s.*, 6, 245-282, 1942.
- SINNOTT, E. W.: Structural problems at the meristem, *Bot. Gaz.*, 99, 803-813, 1938.
- SOUÉGES, R.: "La Différentiation," III, La différenciation organique, Paris, 1936.
- STERLING, C.: Growth and vascular development in the shoot apex of *Sequoia sempervirens* (Lamb.) Endl., I. Structure and growth of the shoot apex, *Amer. Jour. Bot.*, 32, 118-126, 1945.
- STRASBURGER, E.: "Die Coniferen und die Gnetaceen, eine morphologische Studie," Jena, 1872.
- STRUCKMEYER, B. E.: Structure of stems in relation to differentiation and abortion of blossom buds, *Bot. Gaz.*, 103, 182-191, 1941.
- TIGES, E.: Beiträge zur Kenntnis der Entstehung und des Wachstums der Wurzelhauben einiger Leguminosen, *Jahr. Wiss. Bot.*, 52, 622-646, 1913.
- TREUB, M.: "Le Méristème Primitif de la Racine dans les Monocotylédones." Leiden, 1876.
- VON GUTTENBERG, H., Der primäre Bau der Angiospermenwurzeln, In Linsbauer K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie," VIII, Berlin, 1940.

——: Der primäre Bau der Gymnospermenwurzeln. In Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie," VIII, Berlin, 1941.

WAGNER, N.: Über die Entwicklungsmechanik der Wurzelhaube und des Wurzelrippenmeristems, *Planta*, 30, 21-66, 1939.

WARDLAW, C. W.: The shoot apex in pteridophytes, *Biol. Rev. Cambridge Phil. Soc.*, 20, 100-114, 1945.

ZIMMERMANN, W. A.: Histologische Studien am Vegetationspunkt von *Hypericum uralum*, *Jahrb. Wiss. Bot.*, 68, 289-344, 1928.

الفصل الرابع

الأنسجة والأجهزة النسيجية

في كثير من النباتات الدنيئة ، يكون التباين في أنواع الخلايا قليلا ، فلا يوجد غير خلايا خضرية ، وخلايا تناسلية بسيطة . وتكون مجموعات أو كتل هذه الخلايا التي تتشابه في النشأة والتركيب والوظيفة ، تكون ما يعرف بالأنسجة . وعليه فإن جسم النبات يتركب من « نسيج خضري » و « نسيج تناسلي » . أما في النباتات الراقية ، فالجسم معقد في تركيبه الخلوي ، اذ يتكون من أنواع كثيرة من الخلايا ، متباينة تباينا كبيرا في الشكل وفي الوظيفة ، ومختلفة في نشأتها . وفي مثل هذه النباتات ، يصبح من الضروري تعريف النسيج بصورة أقل دقة من ذلك الذي يتطلب تماثلا في النشأة والتركيب والوظيفة . فالنسيج ، من الوجهة الشكلية ، هو مجموعة من الخلايا المتصلة المنتظمة ، المتشابهة في النشأة والوظيفة الأساسية . وقد يوجد في داخل النسيج تباين كبير في الشكل الخلوي وفي الوظيفة ، الا أن الخلايا التي يتألف منها نسيج ما ، لابد أن تكون متلاصقة (ليست منتشرة بين خلايا أخرى) ، ولا بد أن تكون جزءا تركيبيا من النبات .

تقسيم الأنسجة : تقسم الأنسجة على أسس عدة هي : الموضع في النبات ، ونوع الخلايا البنائية ، والوظيفة ، وطريقة النشأة أو مكانها ، ومرحلة التطور . وكل تقسيم يكون في بدايته أو في جملته مبنيا على أحد هذه الأسس . ويمكن ارجاع التقسيمات الى نوعين : أحدهما خاص بالتشريح والشكل الوصفيين ، والثاني خاص بالتشريح الفسيولوجي . ويعتبر اتصال الخلايا في النسيج ضروريا من وجهة النظر الشكلية ، على حين لا يكون ذلك ضروريا من الناحية الفسيولوجية حيث تربط الوظيفة وحدها ، الخلايا بعضها ببعض ، داخل النسيج . هذا الاختلاف الرئيسي في أساس التقسيم يمكن توضيحه بالأمثلة . فجزء واحد فقط من النسيج الشكلي « الخشب » — وهو الخلايا الموصلة الحقيقية — يكون « خشب » التشريح الفسيولوجي ، أما الخلايا الدعامية فتنتسب الى نسيج مختلف ، وتنسب خلايا الادخار الى نسيج ثالث . كذلك تكون البشرة من الناحية الشكلية

نسيجاً مفرداً ، فإذا راعينا الجانب الفسيولوجي ، فإن معظم خلايا البشرة تكون من الريدريم « الأنسجة البثرية » أو « الجلدية » ، وتكون الخلايا الحارسة والاضافية للشعور جزءاً من « أنسجة التهوية » . وعليه فإن الخلايا والمجموعات الخلوية المبصرة والمنعزلة تكون كثيراً من أنسجة التشرح الفسيولوجي .

طرز الأنسجة بالنسبة لمرحلة التطور

الأنسجة الانشائية والمستديية : تتميز الأنسجة الى انشائية ومستديية على نفس الأساس المتبع في الخلايا . والأنسجة الانشائية أنسجة غير بالغة لها القدرة على النمو ، أما الأنسجة المستديية فهي تلك التي توقفت فيها القدرة على النمو ، على الأقل مؤقتاً . وقد تحول الأنسجة المستديية — كلياً أو جزئياً — الى أنسجة انشائية ثانية .

طرز الأنسجة بالنسبة لنوع الخلايا المكونة لها

الأنسجة البسيطة والمعقدة : تتميز الأنسجة الى بسيطة ومعقدة على حسب عدد أنواع الخلايا المكونة للنسيج . فهي بسيطة عندما تكون متجانسة تتركب من نوع واحد من الخلايا ، ومركبة عندما تكون غير متجانسة ، تتألف من أكثر من نوع واحد من الخلايا . ويساعد هذا التقسيم في الوصف التفصيلي للأنسجة . ويوجد من الأنسجة البسيطة عدد قليل جداً في النباتات ، أكثرها شيوعاً البرنشيمية والكولنشيمية والاسكلرنشيمية . وتطلق هذه المصطلحات أيضاً على الخلايا ، فمثلاً قد تسمى الخلية « خلية برنشيمية » . ومثل هذه الخلية إما أن تكون وحدة في نسيج بسيط هو النسيج البرنشيمي ، أو خلية لها صفات الخلايا البرنشيمية ، ولكنها عضو في نسيج مركب . والخلايا البرنشيمية والاسكلرنشيمية هي مكونات شائعة للأنسجة المركبة ، أما الخلايا الكولنشيمية فلا توجد مختلطة مع أنواع أخرى من الخلايا . وتستعمل الصفتان « برنشيماتية » و « سكلرنشيماتية » للدلالة على خلايا لها بعض صفات الخلايا البرنشيمية والاسكلرنشيمية على التتابع ، ولكنها لا تنتمي قطعاً الى تلك الأنسجة . فهناك ألياف برنشيماتية ، وخلايا فلينية اسكلرنشيماتية ... الخ .

والنسيجان الموصلان — الخشب واللحاء — هما أهم أنواع الأنسجة المعقدة . ويتطلبان هنا دراسة منفصلة نظراً لشدة تعقدهما وتنوعهما وأهميتهما

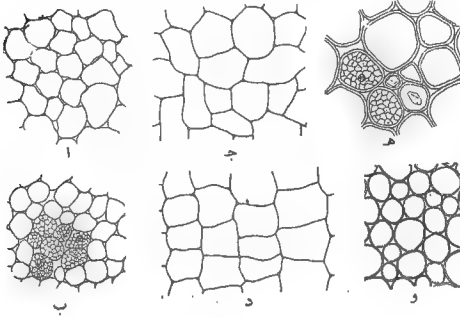
التركيبية والوظيفية . أما الأنسجة المعقدة الأخرى فيمكن اعتبارها كمزيج من البرنشيمية والاسكرنشيمية أو تحورات من هذين النسيجين . وستكون دراسة الخشب واللحاء في هذا الفصل خاصة بالتركيب والوظيفة بوجه عام ، وسنتناولهما بالمزيد من الدراسة في فصول أخرى .

النسيج البرنشيمي : وهو نسيج خضري بسيط ، أى أنه نسيج غير معقد في تركيبه أو شكله عادة ، ومثله ذلك الذى يكون كتلة الجسم في النباتات الدنيئة والأجزاء غير المتخصصة في النباتات الأكثر تعقيدا . والبرنشيمية اصطلاح يستعمل بغير دقة نوعا ما ، فهو يطلق على كل الأنسجة غير المتخصصة بوجه عام وبالبسيطة الى حد ما والمسئولة بدرجة كبيرة عن النشاط الخضرى العادى في النبات . ومن الجلى أن البرنشيمية من حيث نشوءها السلفى نسيج بدائى ، وذلك لأن النباتات الراقية قد نشأت دون شك من النباتات الدنيئة عن طريق التخصص ، وأن النوع الوحيد أو الأنواع القليلة من الخلايا الموجودة في النباتات الأخيرة ، قد تحولت الى الأنواع الكثيرة الدقيقة الخاصة بالنباتات الراقية . فضلا عن ذلك ، فإن النسيج الانشائى بأجمعه غير متخصص ، ومن ثم فهو شبيه بالبرنشيمية — وفي الحقيقة كثيرا ما يسمى بالنسيج البرنشيمي — وعليه يمكن القول أن النسيج البرنشيمي ، من حيث نشوئه التكويني أيضا ، هو النسيج البدائى .

والصفات العامة للخلايا البرنشيمية هي : تساوى الأقطار ، ورقة الجدر ، ووجود البروتوبلاست ، والقدرة على الانقسام الخلوى ، حتى عندما تصبح الخلايا مستديئة (شكلا ٤٣ و ٥٣) . وتوجد شواذ في جميع هذه الصفات . ويكون النسيج البرنشيمي أجزاء كبيرة من مختلف الأعضاء في كثير من النباتات ، فالنخاع ، والنسيج المتوسط في الأوراق ، ولب الثمار ، تتكون أساسا من البرنشيمية ، وغالبا ما تكون القشرة والبريسكيل بأكملهما أو في الجزء الأكبر منهما برنشيمية ، كما توجد البرنشيمية بكثرة في الخشب واللحاء .

وفي الدراسات التى أجريت من قبل على تركيب النبات ، كانت الأنسجة تقسم على أساس الشكل العام والوظيفة الى برنشيمية وبرورنشيمية . وتتميز الأخيرة عن البرنشيمية أساسا بخلاياها المستطيلة ، المذبية ، غليظة الجدر ، وبوظائفها المختصة بالتدعيم والوقاية والتوصيل . غير أن أنواعا مختلفة تماما من الأنسجة

توجد في النسيج « البرونشيمي » ، وعليه أصبح استعمال الاصطلاح غير مرغوب فيه . الا أنه للتيسير ما زالت الخلايا والأنسجة توصف كثيرا بأنها « برونشيمائية » وذلك على النقيض من « البرنشيمائية » .



(شكل ٤٣)

نسيج البرنشيمية (١) ، من نخاع ريوزومة أحد أنواع جنس بيوليبوديوم (١) ، من قشرة جلد أحد أنواع جنس العشار (٢) ، وتضاهد الخلايا ممثلة بحبيبات النشا ، (ج) ، (د) ، من نخاع جنس اللرة قطاع عرضي وطولي على التوالي ، (هـ) ، خلايا غليظة الجدر ملحقة من نخاع فرع أحد أنواع جنس كستناء (٣) ، وتحتوي الخلايا على حبيبات نشا أو بلورات ، (و) ، خلايا غليظة الجدر من نخاع نوع من جنس كليمانس (٤) أو ياسمين البر

النسيج الكولنشيمي : في كثير من السوق ، يكون التدعيم في المراحل المبكرة مستمدا بدرجة كبيرة من نسيج رخو ولكنه قوى يعرف بالنسيج الكولنشيمي . وأهم ما يميز هذا النسيج تطوره المبكر وملاءمته للتغيرات التي تحدث في أعضاء النمو ، وبخاصة الزيادة في الطول . وعندما يصبح هذا النسيج قائما بوظيفته ، يتوقف غيره من أنسجة التدعيم القوية عن الظهور . ويتكون النسيج الكولنشيمي من خلايا مستطيلة ، متباينة الشكل ، جدرها غير منتظمة التغلف ، وأطرافها قائمة الزوايا أو مائلة أو مستدقة ، ويوجد بها بروتوبلازم . وتتراكب الخلايا وتشابك

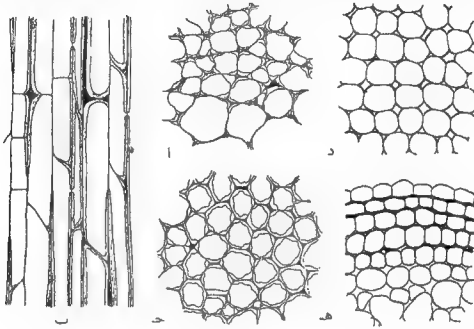
Asclpias incarnata (٢)

polypodium vulgare (١)

Clematis virginiana (٤)

Castanea dentata (٣)

بدرجات متفاوتة مكونة أشربة تشبه أشربة الألياف . وتتكون الجدر من السيلوز والبكتين ، وتحتوى على نسبة عالية من الماء . (من المحتمل أن يكون وجود



(شكل ٤٤)

نسيج الكولنشيم (ا ، ب) ، قطاعات عرضية وطولية في ساق نبات البطاطس (ج ، د ، هـ) قطاعات عرضية في ساق نوع من جنس أبو طيلون (١) وساق نوع من جنس العشار (٢) ، وعنق أحد نباتات جنس الاسارون (٣) على التوالي

البكتين هو السبب في القدرة الفائقة على امتصاص الماء . والجدر لدنة ، قابلة للتمدد ، وسريعة المواءمة للنمو السريع . والشرائط صغيرة القطر عند بدء تكوينها ، غير أنه باستمرار النمو يضاف إليها من النسيج الانشائي المحيط . وقد تكون الخلايا الواقعة عند حدود الشريط اتقالية في تركيبها ، وهي تتحول الى النوع البرنشىمى .

وتكون المناطق الشديدة التغلف في الجدار على هيئة أشربة طولية (شكل ٤٤ ب) تشغل أركان الخلايا (شكل ٤٤ ا ، ج) أو تغطي الجدر المماسية (شكل ٤٤ هـ) أو تنحصر في أجزاء الجدر المواجهة للمسافة البينية (شكل ٤٤ د) . وحيث تحاط المسافات بأشربة التغلف الجدارى ، تتكون تراكيب عضوية مجوفة ، ويبدو

Asclepias syriaca (٧)

Abutilon Theophrasti (١)

Asarum canadense (٢)

النسيج الكولنشيبي وكأنه مكون من خلايا مغلظة الجدر منتشرة بين خلايا رقيقة الجدر . وتعتمد الطرز الكولنشيمية الثلاثة بجلء على ترتيب الخلايا ، فحيث تكون الخلايا مرتبة بغير انتظام يتكون الطراز الأول ، وحيث توجد الخلايا في صفوف مماسية يتكون الطراز الثاني ، وحيث توجد المسافات البينية يتكون الطراز الثالث . وقد أطلق على هذه الطرز الثلاثة من الكولنشيمة « زاوية » وصفائية و « أنبوية » على التوالي . والتمييز بين هذه الطرز ليس شيئا ضروريا ، إذ أنها جميعا قد توجد في شريط واحد صغير مختلطة بعضها مع بعض (شكل ١٥٤) . وأكثر هذه الطرز شيوعا ، هو ذلك الذي توجد فيه التغلظات عند الأركان ، ويعتبر الطراز المثالي .

والنقر بسيطة ، كبيرة أو صغيرة ، فتحاتها مستديرة أو تشبه الشق . وإذا عمل الجدار بمعاملات خاصة ، أمكن رؤيته متكونا من طبقات كثيرة ، تمتد كل منها حول الخلية بأكملها ، ولكنها تكون أغلظ حيث يبلغ تغلظ الجدار أقصاه . وتكون الطبقات غنية بالسيليولوز والبكتين على التعاقب . ويكون ظهور التغلظات مبكرا في أثناء نمو الخلايا على حين تكون الزيادة في حجم الخلية مستمرة ، وهذا مثل يوضح استمرار الزيادة وشدتها في غلظ الجدار مع استمرار الزيادة في المساحة . وتحتوى الخلايا على سيتوبلازم ظاهر ، وقد توجد به بلاستيدات خضر ، على الرغم من أن عملية البناء الضوئي ليست في العادة من وظائف هذا النسيج . وقد تختلف محتويات بعض الخلايا عن بعضها الآخر في نفس الحزمة ، كما في جنس الحماض (١) ، حيث تحوى بعض الخلايا الثانين .

وتتشأ الكولنشيمة من خلايا مستطيلة ، شبيهة بالكيمبوم الأولى ، تظهر مبكرة جدا في أثناء تميز المرستيم . وتوجد بين هذه الخلايا مسافات بينية صغيرة ، ولكنها تختفى في الطرز الزاوية والصفائية كلما كبرت الخلايا في الحجم ، فهي اما أن تسد بالخلايا الآخذة في الكبر أو تمتلىء بالمادة بين الخلية .

والكولنشيمة نسيج وظيفته الأولى التدعيم المؤقت ، ويقتصر عملها في بعض النباتات على تأدية تلك المهمة ، ثم لا تلبث أن تتسحق وقد تمتص عندما يزداد تراحم الأنسجة الابتدائية الخارجية على البشرة أو طبقة البريديرم الأولى نتيجة

نمو الأنسجة الثانوية . ويحدث السحق في كثير من النباتات العشبية التي يكون التغلظ الثانوى فيها كبيرا ، كما في أجناس الخندقوق^(١) والرمرام^(٢) وسوليداجو^(٣) ويندر أن توجد الكولنشيمية في سوق النباتات الخشبية المثالية ، كما أن الجذور خلو منها . وتستمر الكولنشيمية المستديمة في حالة وظيفة عادية في أجزاء النباتات البالغة . فالأعناق الرخوة غير الخشبية على وجه الخصوص ، مثل أعناق جنس سولانم^(٤) والبيلسان^(٥) ، تدعمها الكولنشيمية المستديمة الى درجة كبيرة . وبالمثل يتم التدعيم الى حد كبير في السوق الرخوة العشبية مثل سوق جنس الجزاع^(٦) وبيليا^(٧) . وحتى في السوق الخشبية القوية لبعض الأعشاب مثل بعض أنواع أجناس الأسطير^(٨) والنابطة^(٩) والجارونيا^(١٠) والحماض والخس^(١١) توجد كميات قليلة منها .

وتوجد الكولنشيمية أساسا في الأجزاء الخارجية من السوق والأعناق والعروق الوسطية للأوراق ، وتزداد قيمتها التدعيمية بمواضعها الخارجية ، حيث تكون غالبا كتلة التنوات والزوايا في الأعضاء النباتية . وبعض الشاريخ الزهرية — كشاريخ هندباء البر^(١٢) — وكثير من الأعناق الزهرية تستمد تدعيمها الكلى تقريبا من الكولنشيمية . وفي سوق الأعشاب وأوراقها قد يكون هذا النسيج قلسوات حرمية وأشرطة مشابهة متفرقة كما في الكرفس والبنجر .

النسيج الاسكلرنشيمى : وهو طراز آخر من أنسجة التدعيم ، يقوم الى جانب ذلك بالوقاية الى درجة كبيرة . وخلايا هذا النسيج — على النقيض من الخلايا الكولنشيمية — تمتاز بجدرها الصلدة ، الملحنة عادة . والتي تحتوى على نسبة ضئيلة من الماء . وعند تمام النضج تكون الخلايا خالية غالبا من البروتوبلاست . والجدر منتظمة التغلظ وشديده . أما بالنسبة للشكل والحجم ، فالخلايا الاسكلرنشيمية متباينة تباينا كبيرا ، غير أنه من الممكن تمييز نوعين عامين : الألياف

Chenopodium (١)

Solanum (٢)

Impatiens (٣)

Aster (٤)

Pelargonium (٥)

Taraxacum (٦)

Melilotus (١)

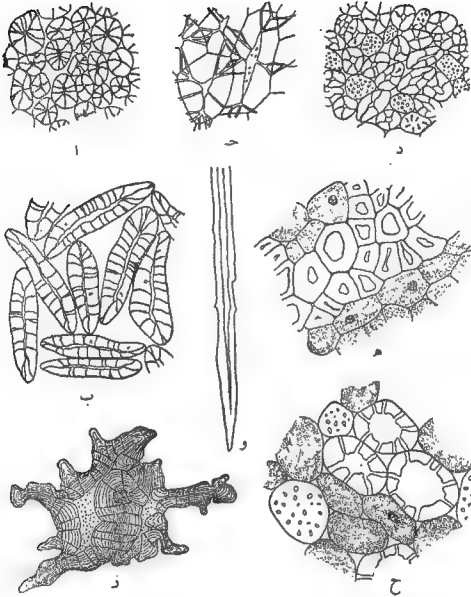
Solidago (٢)

Sambucus (٣)

Pileo (٤)

Nepets (٥)

Lactuca (٦)



(شكل ٤٥)

نسيج الاسكلرنشيمية (١ ، ب) قطاعات مرضية وطولية للاسكلريدات المستطيلة في الفلاف الداخلي لثمرة التارجيل^(١) ، (ج) اسكلريدات من الفلاف الثمري الداخلي لجنس الزمور^(٢) يوضح التحام النقر في مجموعات (د) ، اسكلريدات (خلايا حصى) من الفلاف اللحمي لثمرة الكشمري (هـ) ، الياف منطقة اللحاء الابتدائي لجنس القنب^(٣) كما تبدو في القطاع العرضي (و) ، قطاع طولي في جزء من ليفة واحدة من (هـ ، ز) ، اسكلريدات غير منتظمة من لحاء جنس ثويا^(٤) ، (ح) ، اسكلريدات وخلايا برتشميمية من قشرة ساق نوع من جنس دراسينا^(٥)

Crataegus (١)

Tsuga (٤)

Cocos nucifera (١)

Cannabiz (٣)

Dracaena fragrans (٥)

والاسكريدات . وقد قصد من تمييز هذين النوعين من الأنسجة الاسكلرنشيمية التيسير في الوصف ، وليس له أهمية شكلية . وهناك أشكال وسطية كثيرة ، وقد يوجد الطرازان في نفس النسيج ، مختلطين أحيانا ، ويؤديان نفس الوظيفة العامة .

الألياف : الألياف خلايا اسكلرنشيمية مستطيلة ، مذبذبة الأطراف عادة (شكلا ٤٧ ، ٤٨) . والجدر ملجننة غالبا ، وان كانت هناك ألياف تتكون جدرها من السيلولوز بدرجة كبيرة ، كما توجد ألياف أخرى جيلاتينية الجدر . والنقر في الألياف صغيرة جدا ، مستديرة أو تشبه الشق في شكلها الخارجى ، وهى دون شك لا عمل لها في الخلايا البالغة ، ما لم تكن تحتوى على بروتوبلاست . وقد تكون النقر كثيرة العدد ، إلا أنها قليلة نوعا في العادة . وقد تكون النقر قليلة أو موجودة في صورة تراكيب أثرية فقط في طرز الألياف ذوات الجدر الشديدة التغلظ . وتجاويف الألياف صغيرة ، تكون في الغالب مجرد مجار في مراكزها . وقد ينغلق المجرى في بعض المواضع (شكل ٥٤ ب) ، وعليه لا يكون للتجويف وجود في مستويات معينة من الليفة ، ويمثل موضعه السابق خط أو نقطة فقط في القطاع العرضى . وفى أثناء نمو الألياف يصبح البروتوبلاست في الغالب عديد النوى . ويختفى البروتوبلاست ، في معظم طرز الألياف ، عند تمام نضج الخلية ، وتكون الخلية المستديرة ميتة وخالية من المحتويات . أما الألياف التى تحتفظ بالبروتوبلاست وغيرها من الطرز ، فستكون محل دراسة أكثر تفصيلا ، عند تناول الأنسجة التى توجد بها (انظر الخشب واللحاء والقشرة) .

تقسيم الألياف : اذا كان الاستعمال العادى غير الدقيق لمصطلح « الليفة » — كالتى سبق أن وصفناها — مقبولا ، فانه يمكن القول أن الألياف موجودة في كل أجزاء النبات تقريبا . فهى موجودة عادة وبوفرة في القشرة والبريسكيل واللحاء والخشب . ومن الناحية الشكلية يوجد طرازان متميزان من الألياف . فألياف القشرة والبريسكيل واللحاء تحتوى على نقر بسيطة ، وهى بذلك تختلف عن ألياف الخشب التى تحوى نورا مضافوفة (برغم هذه النقر قد تكون مختزلة الى الحد الذى تبدو به بسيطة) حيث أن ألياف الخشب تعتبر ، من الناحية الشكلية ، قصبيات مختزلة . وتقسّم الألياف أحيانا الى قسمين : « ألياف لحائية » و « ألياف خشبية » . وهاتان المجموعتان تماثلان في جوهرهما المجموعتين اللتين سبق شرحهما آنفا ، إلا أن المصطلحين غير دقيقين ، حيث أن لفظ « لحائية » المستخدم يستعمل ، لسوء

الحظ ، استعمالات كثيرة . وأكثر استعمالات هذا الاصطلاح شيوعا هو كمرادف للحاء ، أو يشير لألياف اللحاء الثانوى « وألياف اللحاء » فى التقسيم الآف الذكر تتضمن ألياف القشرة والبرسيكل والحاء . ومن الأفضل أن يشار الى الألياف باسم النسيج أو المنطقة التى توجد فيها ، مثل ألياف القشرة ، وألياف البرسيكل ، وألياف اللحاء ، وألياف الخشب وهكذا .

وتوجد الألياف ، اما منفردة أو فى مجموعات صغيرة مبعثرة بين خلايا أخرى . وهى تكون عادة أشرطة أو صحائف من الأنسجة تمتد طوليا لمسافات كبيرة . وتعزى أهمية الألياف كنسيج تقوية الى انتظامها فى هذه الكتل الطويلة ، والى تراكب الخلايا وتشابكها . وبالإضافة الى ذلك فإن الألياف تكسب الأنسجة متانة بصفة عامة .

وتنشأ الألياف بطريقتين . ففى تلك التى تبلغ مليمترات قليلة فى الطول — كألياف قنب مانىلا^(١) ، وجنسى أجاف^(٢) والدنق^(٣) — تكون كل أجزاء الخلية دائما فى مرحلة واحدة من النمو فى نفس الوقت . وكما يحدث فى معظم الخلايا ، يترسب الجدار الثانوى فى جميع أجزاء الخلية فى وقت واحد عندما تبلغ حجمها الكامل . أما فى الألياف الأكثر طولاً . مثل ألياف الكتان والقنب ، فإن الخلية تستطيل قويا ، مسايرة الخلايا المحيطة فى نموها ، ويتكون الجدار الثانوى فى جزء من الخلية ، والقمة لا زالت ممتدة فى نموها .

ويطلق لفظ « ليفة » ، بصورة عامة ، على كثير من التراكيب النباتية ، التى لا تعد من الوجهة الشكلية أليافا : كشعيرات القطن ، وأشرطة ألياف القشرة أو اللحاء (الكتان والقنب) ، والحزم الوعائية الورقية بأغلفتها أو قلسواتها الاسكلرنشيمية ، أو القلسوات وحدها (قنب مانىلا ، وكتان نيوزيلاندا وسيسل^(٤) ، وأشرطة الكولنشيية (الكرفس)^(٥) ، وخلايا الخشب عامة (لب الورق) ، وأجزاء من الورقة والأنسجة الخشبية (عقاقير متنوعة) ، والقطع الصغيرة من أغلفة « البذور » (دقيق القمح) .

الاسكلريدات : الاسكلريدات ، على النقيض من الألياف ، متساوية الإقطار تقريبا . وبعض الاسكلريدات مستطيلة (شكل ٥ ب) ، والطرز الاسكلرنشيمية

Agave (٢)

Sisal (٤)

Manille hemp (١)

Sansevieria (٣)

celery (٥)

وبالأخص في أغلفة البذور والثمار ، قد لا تنتمي نهائيا الى كلا النوعين . وتفاوت الاسكلريدات كثيرا في شكلها ، وتغلظ جدرها ، وشكل النقر وعددها ، وصلتها بالخلايا المحيطة ، ويطلق على هذه الطرز أسماء مختلفة . وفي بعض الأحيان يطلق على خلايا هذا النوع اصطلاح غير دقيق هو « خلايا اسكلرونية » ، وبخاصة اذا وجدت في الأنسجة الرخوة ، وكثيرا ما يستعمل اصطلاح « الخلايا الحجرية » كمرادف للاسكلريدات ، الا أنه يحسن أن يكون استخدامه مقصورا على الاسكلريدات غير المتفرعة ، سواء كانت غير منتظمة الشكل أو متطرفة في شكلها . ومشابهة هذه الخلايا للأحجار في الشكل ، يعطيها وصفا دقيقا في كثير من الأحيان . وقد تكون الخلايا الحجرية منفردة ، أو قد توجد متجاورة مع بقائها مفككة ، أو قد تلتصق بعضها ببعض التصاقا وثيقا بل وتتداخل عندما تكون زاوية . وفي بعض الأحيان يطلق على الخلايا الحجرية في الثمار اللحمية خلايا حصوية ، وليست الأجزاء الصلبة في لحم الكمثرى والسفرجل الا تجمعات من الخلايا الحجرية (شكل ٤٥ د) .

ويطلق على الخلايا الحجرية أيضا « اسكلريدات قصيرة » . وتتميز الاسكلريدات الأكثر تطرفا في الشكل الى : اسكلريدات كبيرة (خلايا عصوية) وهي عمودية الشكل تقريبا . تكون « الطبقة العمادية » في كثير من البذور والثمار كما توجد في بعض الأوراق الجفافية وقشرة السوق ، واسكلريدات عظمية (خلايا عظمية) وهي عظمية أو برملية الشكل تكون الطبقات تحت البشرة في كثير من البذور والثمار وتكثر في الأوراق الجفافية ، واسكلريدات نجمية (خلايا نجمية) وهي ذات فصوص وأفرع كثيرة وتوجد في أوراق الأعضاء الجفافية وسيقانها ، واسكلريدات شعرية (داخلية الشعر) وهي اسكلريدات متفرعة لها فصوص بارزة ، كالشعر ، في المسافات البينية في أوراق النباتات المائية وسيقانها . والطران الأخران متشابهان تركيبيا الى درجة كبيرة . وتقسيم الاسكلريدات على أساس الشكل والتركيب قليل الأهمية . والصفة الخاصة بتفرع تجاوي النقر أو عدم تفرعها والتي تستخدم جزئيا في تمييز طرز الاسكلريدات تعتمد الى حد كبير على غلظ الجدار الخلوي . وقد توجد الاسكلريدات في أى مكان من جسم النبات ، الا أنها تكثر في القشرة واللحاء وفي الثمار والبذور . وهي ، مثل الألياف ، اما أن توجد منفردة . أو في

كتل كبيرة . وتتكون الأجزاء الصلدة من البذور ، وثمار البندقة ، والثمار الصلدة الى درجة كبيرة من الطرز المختلفة للخلايا الحجرية مبعثرة ، فانها تكسب العضو متانة فقط كما في الأوراق ولحم الثمار . وعندما توجد على هيئة كتل ، فانها تكسب العضو صلادة ووفاية ميكانيكية ، كما في أنواع كثيرة من القلف وفي أغلفة ثمار البندقة .

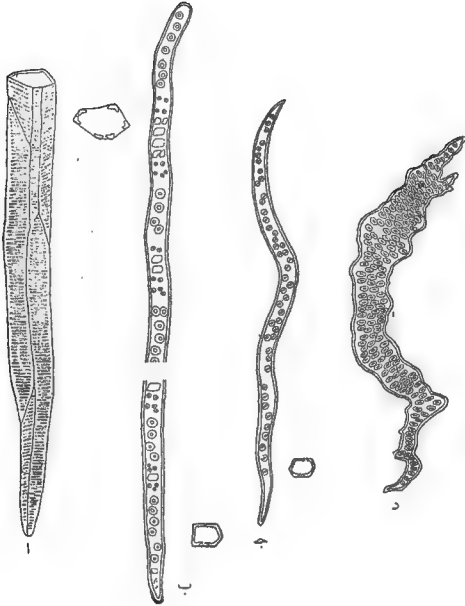
و جدر الاسكريدات ، غليظة جدا شديدة التلجن ، وأحيانا تتسوبر أو تتكوتن . والنقر صغيرة جدا ، فتحاتها دائرية ، وتتخذ تجاويها شكل قنوات متفرعة تقريبا ، وذلك لأنه كلما صغرت مساحة الجدار الخلوى من الداخل بازدياد الفلظ ، اتحدث النقر بعضها مع بعض (شكل ١٤٥ ، ج) ، فتتحد نقرتان أو نقر عدة لتكون تركيبا واحدا له فتحة واحدة في كل خلية ولكنه ذو أذرع مساوية لعدد النقر الأصلية . والاسكريدات خلايا ميتة في المادة ، وقد توجد بها بقايا متقلصة من البروتوبلاست ومحتوياته كالتانين والمواد المخاطية .

الأنسجة المعقدة الهامة

ان الوضوح التركيبي والوظيفي للجهاز الوعائى يجعل من أنسجته طرزا نسيجية على جانب كبير من الأهمية . والأنسجة الوعائية هي في الحقيقة الأنسجة المعقدة الوحيدة التى تتطلب دراسة قائمة بذاتها . أما جميع الأنسجة الأخرى فيمكن اعتبارها تجمعات من البرنشيمة والاسكلرنشيمة أو من تحورات من هذه الأنسجة . وستكون الدراسة التالية للأنسجة الوعائية ذات طبيعة عامة فقط ، اذ أن وصف الخشب واللحاء كأنسجة ابتدائية وثانوية ، وبالأخص في الصورة التى يوجدان عليها في مختلف الأعضاء النباتية سيأتى في فصول أخرى ، وفي الفصل السادس دراسة جزئية لنشأة الخشب واللحاء .

الخشب

القضية : القضية هي الطراز الخلوى الأساسى في الخشب . والقضية خلية مستطيلة مذبذبة الأطراف (شكل ٤٦) ، ميتة عند البلوغ ، أى لا تحتوى على بروتوبلاست .



(شكل ٦)

القصبيات (١) من وودوارديا ليرجينكا ويظهر سلسل الخلية (ب) ، من أحد أنواع جنس الصنوبر ، ويظهر تلك الخلية ، (ج ، د) من نبات اليلوط الأبيض (ج) قصبة مادية (د) قصبة منبسطة مشوهة من الخشب الرينمي . (القصبيات مرسومة بمقياس رسم واحد وهو نفس المقياس الخاص بالالياف والاموية)

والجذر صلبة ولكنها غير غليظة ، وهي ملتصقة بالعادة . والقصية في القطاع العرضي زاوية في العادة ، ومع ذلك توجد صور مستديرة تقريبا . وقصيات الخشب الثانوي ، بالنظر لطريقة ترتيبها ، تكون قليلة الجوانب بالنسبة لقصيات الخشب الابتدائي ، وغالبا ما تكون زاوية بصورة أكثر حدة . وأطراف القصيات لا تستدق نحو القمة بانتظام في جميع المستويات ، بل يكاد يكون ذلك مقصورا على المستوى القطري وغالبا في اتجاه جانب واحد فقط من الخلية . وقصية الخشب الثانوي ذات طرف أزميلي الشكل تقريبا . ويشاهد استدقاق الطرف في القطاعات المماسية للقصية ، أما القطاعات القطرية فلا يظهر ذلك فيها ، بل يبدو طرف الخلية في هذه القطاعات قائم الزوايا أو مستديرا الى درجة ما . والنقر موجودة بكثرة ، وهي من النوع المضغوط ، وإن تباينت في الحجم والشكل الخارجي وفي توزيعها على الجذر . وتجويف القصية كبير وخال من أى نوع من المحتويات . والقصية على ما يبدو مهياة من الوجهة التركيبية للقيام بوظائفها ، وهي توصيل الماء بالدرجة الأولى ، والتدعيم بالدرجة الثانية . وهي أنبوبة طويلة ، فارغة ، متينة الجذر ، تمتد في اتجاه مواز للمحور الطولي للعضو ، وتتصل بما يلاصقها من قصيات — وكذلك بالطرز الأخرى من الخلايا الحية وغير الحية — عن طريق نقر عديدة حسنة التكوين . هذه المساحات الرقيقة تسمح في سر بالاتسار بين الخلايا المتاخمة . ويكون انتظام القصيات دائما بحيث تتراكب الخلايا المتلاصقة ، على الأقل في الأجزاء المستدقة ، وفي هذه المناطق من الجدار يكثر وجود النقر عادة . وعلى ذلك تنهيا مجار للانتقال في الاتجاه الطولي ، خلال سلسلة من التجاويف ، التي تكون خطا مستقيما على وجه التقريب ، أو جهازا متشابكا .

اتصال الجذر في القصية : تنفصل تجاويف القصيات بعضها عن بعض بجذر غليظة وعند النقر يتم الانفصال بالأغشية العالقة . والأغشية العالقة — فيما عدا الجزء المركزي المعروف بالتخت — رقيقة جدا ، وفي بعض الصنوبريات على الأقل تكون مثقبة . وفي جنس لاركس^(١) وسكوي^(٢) ، على سبيل المثال ، تكون الثقوب — على الرغم من دقتها — كثيرة العدد ، لدرجة أن التخت النقرى يكون معلقا بشبكة من الخيوط (شكل ٢٥) . والفتحات الموجودة في أغشية النقر

المثقبة ، لا يمكن رؤيتها ، إلا إذا صبغ الغشاء جيدا ، غير أنه يمكن إثبات وجودها بمرور دقائق صلبة ، كدقائق الكربون في الحبر الصينى ، تحت ضغط من قصية الى أخرى خلال النقر .

النقر فى جدر القصيات : تتوقف مواضع النقر فى جدار القصية ، وكذلك حجم هذه النقر وشكلها على موضع الخلايا الملاصقة وطبيعتها . ففى مختلف المجموعات النباتية الكبيرة توجد طرز ثابتة تقريبا من النقر المصفوفة . التى تتمايز بأشكالها وتخوتها وأقطار ضفافها . وفى السراخس^(١) والحزازيات الصولجانية^(٢) توجد نقر مستطيلة فى الاتجاه العرضى ، ضفافها ضيقة وتخوتها صغيرة أو غير موجودة . وتتقارب النقر الى درجة كبيرة . وتغطى الجدار مكسبة اياه شكلا يشبه السلم (شكل ١٤٦) ومن ثم يطلق على الخلايا قصيات سلمية ، ومن الأفضل تسميتها بالقصيات السلمية المنقرة . والاصطلاح السابق غير مرغوب فيه فى هذا المجال ، اذ أنه يستعمل أيضا بمعانى أخرى وحيث لا توجد نقر محدودة (الحشب الأول) . وفى بعض كاسيات البذور ومعظم عاريات البذور تكون النقر مستديرة غالبا وضفافها عريضة (شكل ٦٤ ب ، ج) ، على أن نقر كاسيات البذور تكون أصغر بكثير فى أغلب الأحيان . وأحسن ما يكون التخت تكوينا فى عاريات البذور حيث يحتمل أن تبلغ النقرة المصفوفة أقصى درجات تطورها ونموها (شكلا ٢٤ و ٢٥) . وتتكون الأغشية الغالقة فى هذه النقر بطريقة تسمح لها بتغيير مكانها بسهولة فى فراغ النقرة من وضع وسطى الى آخر جانبى يلاصق التخت فيه فتحة النقرة بإحكام (شكلا ٢٢ ج و ٢٥ ب ، ج) . وبذلك ينشأ نظام صامى محكم ، فعندما يكون التخت فى وضع وسطى تكون النقرة مفتوحة تماما ، ومن ثم يتم الانتشار — أو المرور المباشر فى حالة الأغشية الغالقة المثقبة — حول التخت عبر الجزء الخارجى من الغشاء الغالق . وعندما تتغلق احدى فوهتى النقرة بانتقال التخت قبالتها ، يتوقف الانتقال المباشر كلية أو الى درجة كبيرة ، ولا بد أن يتخذ الانتشار طريقه خلال التخت الغليظ الكثيف .

من الواضح اذن ، أن التغير فى موضع الأغشية الغالقة للنقر المصفوفة ، قد يخلق نوعا من الرقابة على مرور السوائل خلال الحشب . ومن الجدير بالاهتمام ،

أن نوع النقر الذى توجد فيه هذه الرقابة على مرور السوائل تختص به الخلايا الموصلة للماء ولا يوجد فى مكان سواها ، وأنه فى النقر المختزلة من الوجهة التركيبية التى توجد فى القصيات اللينة والألياف تفقد أغشية النقر قدرتها على الحركة . ويحتوى الفصلان الثانى والسابع على دراسة مفصلة للنقرة المضفوفة . أما النقر البسيطة فلا يوجد بها أى تعقيد تركيبى .

وظيفة القصية : القصية مهيأة من الوجهة التركيبية — بالنسبة لكل من التجويف والجدار — للقيام بوظيفة التوصيل . وتساهم الجدر الغليظة المتينة للقصيات أيضا فى التدعيم ، وحيث لا توجد ألياف أو خلايا تدعيمية أخرى ، فإن القصيات تؤدى دورا هاما فى تدعيم العضو النباتى . ولذلك فإن تراكم الخلايا وتشابكها ، واتحادها فى أشربة أو أسطوانات يكون له نفس الأهمية كالجدر الغليظة .

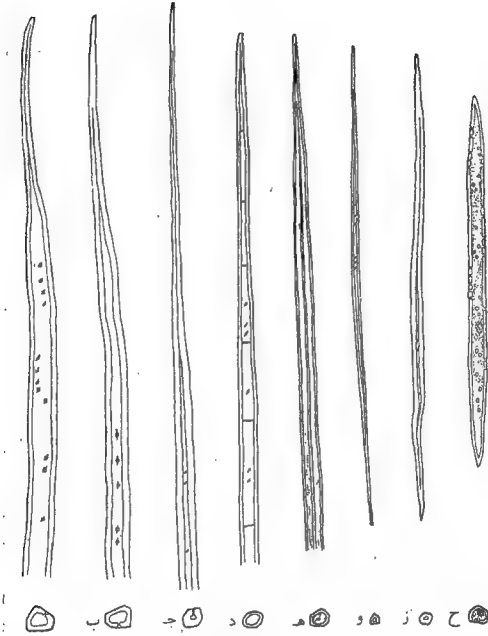
ومن المعتقد أن القصيات كانت وحدها تكون الخشب فى النباتات القديمة جدا . أما الخشب فى النباتات الحية فمسيج معقد ، يحتوى على أشعة خشبية برنشيمية ، حتى فى أبسط صور الخشب الثانوى ، كما يحتوى الخشب الابتدائى (كوحدة نسيجية شكلية) على الخلايا البرنشيمية دائما . وقد تضم الطرز الأكثر تعقيدا من الخشب أنواعا عديدة من الخلايا هى : القصيات ، وطرز أو أكثر من الألياف ، وطرزا أو طرازين من الأوعية ، وخلايا برنشيمية (تعرف بالبرنشيمية الخشبية) ، وبرنشيمية الأشعة الخشبية . وسنعود لدراسة تركيب الخشب فى الفصل السابع .

ومن الجلى أن القصية تعمل كخلية موصلة وكخلية تدعيمية . إلا أن تطور الخشب الارتقاى ، قد أدى الى تخصص هذا النسيج ، الذى كان فى وقت ما بسيطا ، بحيث أن وظائفه الأصلية قد توزعت على الطرز الخلوية المختلفة — فاختصت بالتدعيم الألياف بأنواعها المختلفة ، كما أن التوصيل تقوم به الأوعية بصورة أكثر كفاءة . أما الوظيفة الجديدة المكتسبة ، وهى ادخار الغذاء ، فتخصص بها البرنشيمية الخشبية . وتسهم برنشيمية الأشعة الخشبية أيضا فى ادخار الغذاء ، وإن كانت الوظيفة الرئيسية للشعاع هى التوصيل الجانبى . والخشب المعقد ، الذى تتوزع فيه وظيفتا التدعيم والتوصيل على الألياف والأوعية على

التوالى ، لا يكون محتويا في العادة على قصصيات . وتوجد هذه الطرز الثلاثة من الخلايا جميعها في خشب جنس البلوط وبعض الأجناس الأخرى .

الألياف والقصصيات اللبينة : في التطور السلفى لليفة ، يكون غلط الجدار قد ازداد ، ويقل تبعا لذلك قطر التجويف ، ويتناقص في معظم الأنواع طول الخلية . وعلى الأخص طرفها المستدق ، كما يختزل عدد النقر وحجمها . (اختزال النقرة في الحجم مشروح بالتفصيل في الفصل الثانى) . وحيشما يصل الاختزال الى مرحلة يصبح عندها تجويف الخلية من الضيق غالبا ما يكون مسدودا تقريبا - والنقر من الصغر بحيث لا يتم عن طريقها غير توصيل قليل أو معدوم ، فان أليافا مثالية تكون قد تكونت . وتوجد بين هذه الخلايا والقصصيات العادية كل المراتب الانتقالية . هذه المراتب الوسطية ، التى لا يمكن أن يطلق عليها قصصيات أو ألياف مثالية ، تعرف بالقصصيات اللبينة . والنقر في القصصيات تشبه في الحجم والنوع النقر الموجودة في أوعية نفس النسيج ، أما في القصصيات اللبينة ، فالنقر أصغر منها في الأوعية ، وتكون ضفافها مختزلة أو أثرية ، وفوهاتنا الداخلية ضيقة وممتدة داخل حدود الحجرة النقرية . ولا يمكن ، بالطبع ، رسم حد فاصل بين القصصيات والقصصيات اللبينة أو بين الأخيرة والألياف . وينتج عن التخصص المتطرف نوع من الألياف ذو جدر غليظة جدا ، ونقر مختزلة الى الحد الذى تصبح به بسيطة ، (شكل ٤٧ ج ، و ، ز) . ويطلق على هذه الألياف « ألياف الخشب المستدقة » . وذلك لمشابتها لألياف اللحاء . وتكثر ألياف الخشب المستدقة في النباتات الخشبية من ذوات الفلقتين ، ولا سيما الفصائل الأكثر تخصصا ، كالفضيلة القرنية^(١) . وتوجد طبقات جيلاتينية في جدر القصصيات اللبينة وألياف أجناس كثيرة من الفصائل المختلفة ، كما توجد أحيانا في القصصيات . ويطلق على الخلايا التى تحتوى على هذه الطبقات قصصيات أو قصصيات لبينة أو ألياف جيلاتينية . والتى يطلق عليها « ليفة الخشب المعوضة » (شكل ٤٧ ح) ليست ليفة ولكنها خلية برنشيمية ذات شكل ليفى ، وسيأتى شرحها في سياق الكلام على البرنشيمية الخشبية .

وفي بعض القصصيات اللبينة يستمر بقاء البروتوبلاست ، بعد نضج الجدار الثانوى للخلية ، وقد ينقسم الجدار الأصلى الى جزأين أو أكثر ، تفصلها حواجز



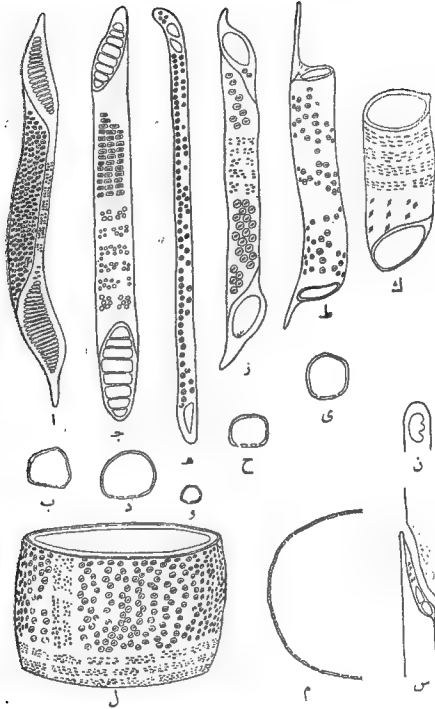
(شكل ٤٧)

الهايف الخشب والقصببات اللبغية (ا) قصبية لبغية مثالية ، من نبات التفاح ، يظهر منها
لثاها (ب) قصبية لبغية مثالية ، من أحد أنواع جنس ليرودندرون (١) ، ويظهر منها ثلثاها (ج) لبغية
مستدقة ، من البلوط الأبيض ، ويظهر منها ربعها (د) قصبية لبغية مجزأة ، من أحد أنواع جنس
سويتنيا (٢) ، ويظهر منها نصفها (هـ) لبغية جيلانية من نبات البلوط الأحمر (٣) ، ويظهر منها
النصف تقريبا (و) لبغية مستدقة ، من أحد أنواع جنس كاريا (٤) ، (ز) لبغية مستدقة ، من نوع
من جنس جواياكم (٥) ، (ح) خلية خشب برنسيمية مفزولة (تعرف أحيانا باللبغية الموضحة) من
الحلقة السنوية الأولى لنوع من جنس سسغراس (٦) (تشبه اللبغية فقط في الشكل وفي نشأتها
المباشرة من الشقعة الكمبيومية ، ولا توجد فيها التقسيمات العادية في البرنسيمية الخشبية)

Quercus rubra (٣)	Swietenia Mahagani (٢)	Liriodendron Tulipifera (١)
Sassafras variifolium (٦)	Guaiacum sanctum (٥)	Carya ouata (٤)

عرضية رقيقة . هذه القصيات الليفة تعرف بالقصيات الليفة المجرأة (شكل ٤٧ د) . وهي ليست في الحقيقة خلايا فردية بل صفوفًا من الخلايا ، أما الحواجز العرضية فجدر حقيقية ، ويوجد في كل حجرة بروتوبلاست به نواة . وإذا حدث الانقسام في مجموعة من القصيات الليفة ، قد يكون شاملا لكل الخلايا أو بعضها فقط . وقد يستمر بقاء البروتوبلاست بعض الوقت في هذه الخلايا ، سواء انقسمت أم لم تنقسم . والحواجز جدر حقيقية ، تتكون بعد الانقسام الخلوي ، إلا أنها تنفترق إلى طبقات ثانوية . ويمكن بسهولة تمييز الليفة المجرأة من صف من خلايا البرنشيمية الخشبية لعدم وجود الجدر الثانوية على الحواجز ، ولمجر الحاجر عن الامتداد إلى ما بعد سطح الجدر في الخلية الوالدة ، على طول خط التحامه معه . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن الحواجز تبقى دون أن تتلجن . وتوجد القصيات الليفة المجرأة في كثير من النباتات . وعلى الأخص في الشجيرات والأشباب الكثيرة التخشب ، وفي الكروم وفي الأشجار الاستوائية .

الأوعية : في النشوء التطوري للقصية ، يتزايد قطر الخلية ويصبح الجدار متقيا بفتحات كبيرة . هذه التخصصات تسمح بالانتقال المباشر للماء من خلية إلى أخرى . وفي الأنواع الأكثر بدائية من العناصر الوعائية ، يظل الشكل العام للقصية محفوظا ، ولا يكون الازدياد في القطر كبيرا ، أما في الطرز الأكثر تقدما فالزيادة في القطر كبيرة ، ومن ثم تصبح الخلية برميلية الشكل (شكل ٤٨ ل .) والقصية أطول من خلية الكميوم التي نشأت منها ، أما الوعاء البدائي فأطول قليلا ، على حين يحتفظ الطراز الأكثر تقدما بطول الخلية الكميومية أو يكون أقصر منها قليلا ، ويزيد القطر في هذه الحالة على الطول . ويتغير شكل الأطراف الخلوية في الأنواع المتعاقبة من أقل درجات التخصص إلى أعلاها ، فتزداد الزاوية التي يصنعها الجدار الطرفي المستدق تدريجيا ، إلى أن يصبح هذا الجدار عموديا على الجدر الجانبية (شكل ٤٨ ل) . وفي بعض الأشكال الوسطية تكون القمة على شكل ذنب يعلو الجدار الطرفي ، وعند الاستطالة يتداخل جزء من طرف الخلية بين الخلايا المتاخمة (شكل ٤٨ ا ، ز ، ط) . وتبقى ثخانة الجدار كما هي تقريبا في القصية أو أقل ، ومع ذلك يكثر وجود أوعية ذات جدر غليظة جدا ، كما في أجناس كاريبا^(١) ، والمران^(٢) ، وديوسبروس^(٣) والنقر عادة أكثر عددا



(شكل ٨)

عناصر الخشب في المنظر الجانبي والقطاع العرضي (١، ب) من نبات التامول الأبيض (١)، (ج، د) من جنس لوبودندرون (هـ، و) من أحد أنواع جنس لوبيليه (٢)، (ز، ح) من نبات البيلوط الأبيض (ط، ي) من نبات التفاح، (ك) من نوع من جنس الأسفندان (٣)، (ل، م) من نبات البيلوط الأبيض، ن، طرف عنصر وعالي من جنس لوبيليه يظهر فيه التشعب الذي يدل على اشتقاق عنصر مسامي من عنصر سلمي (س) أطراف عناصر وعائية من جنس لوبيليه، توضح طريقة اتحاد العناصر في مصفوف

Acer negundo (٣)

Lobelia cardinalis (٢)

Betula alba (١)

وأصغر حجما منها في القصيبات ، وقد تغطي الجدار تقريبا . وعندما تكون النقر كثيرة فانها تتوزع طبقا لنموذج محدد . وبديهي أن توزيع النقر يعتمد بالدرجة الأولى على طبيعة الخلايا الملاصقة ووضعها . فمثلا ، اذا جاوز الوعاء وعاء آخر ، فان الجدار يكون كثير النقر في ذلك الجزء من سطحه الملاصق للوعاء الآخر ، على أن عددا قليلا من النقر ، أو لا شيء منها على الاطلاق ، يوجد في المنطقة المواجهة لليفة . وبالمثل فان النقر المزدوجة بين وعاء وقصيبات ، أو بينه وبين خلايا البرنثيمة الخشبية أو خلايا الأشعة الخشبية تعتمد بالنسبة لموضعها وعددها ونوعها على نوع التنقيط العادي في هذه الخلايا .

« الوعاء » : لما كانت ثقبوب الخلية تحدث عادة في الجدر الطرفية ، فان نشوء هذه الجدر في اتجاه مستعرض على المحور الطولي للخلية ، من شأنه أن يكون من صف من الخلايا جهازا أنبوبيا محدد ، يسمح بالمرور خلاله في خط مستقيم تقريبا . هذه الحالة هي على النقيض من خطوط التوصيل غير المباشرة في مجموعة من القصيبات . وقد أطلق على مثل هذا الصف من الخلايا ، ذات الشكل الأنبوبي لفظ « وعاء » أو « قصبة » .

ويستخدم كل من المصطلحين — لسوء الحظ — في دالتين : ففي أولاهما يدلان على صف أو جهاز من الخلايا ، وفي الأخرى الخلايا الفردية المثقبة الجدر التي تستخدم في التوصيل المباشر للماء . وللدلالة الأولى فضل السبق ، وطول الاستعمال ومن ثم يجب أن تستمر . ويطلق على الوحدات الخلوية المكونة لمثل هذا الصف من الخلايا عناصر وعائية أو أعضاء وعائية أو وحدات وعائية . (أما المصطلح « قطع وعائية » الذي كثيرا ما كان يستعمل فليس ملائما ، ويجب أن يستبعد ، نظرا لما يوحى من أن صف الخلايا عبارة عن وحدة تجزأت لتكون خلايا) . على أنه في كل ظروف توجد بعض الصعوبات في استعمال هذه المصطلحات . ففي النباتات التي تكون خلاياها الموصلة للماء شبيهة بالقصيبات في الشكل ، ينشأ عن اتحاد الخلايا جهاز شبكي ، ولا يكون للأوعية ذات الطرز الأنبوبي وجود . وفي مثل هذه الحالة يمكن أن يستعمل المصطلحان « عنصر وعائي » أو « عضو وعائي » للدلالة على الخلايا الفردية . وتوجد الأوعية في صورة صفوف متصلة من خلايا ملتصقة مثقبة — على الرغم من أن الأنايب الفردية لا يمكن تمييزها .

أنواع الثقوب الوعائية : تعرف الفتحات الموجودة في جدر العناصر الوعائية بالثقوب ، وهي مقصورة على الجدر الطرفية ، فيما عدا أنواع معينة ضسيتة مستدقة الطرف ، حيث لا يمكن تمييز جدر طرفية محددة . وفي مثل هذه الحالة تعتبر الثقوب موجودة على الجدر الجانبية (شكل ٨ ، ١ ، ٥) . ومعظم العناصر الوعائية مثقبة في منطقتين ، عند كل طرف منطقة ، الا أن بعض العناصر الوعائية قد تحوى ثلاثا ورعا أربعا من هذه المناطق . وفي هذه الحالة الأخيرة ، تحدث اتصالات مع عناصر أخرى أو مع فروع جهاز شبكى من العناصر الوعائية . ويطلق على المنطقة المحددة من الجدار حيث يحدث الثقيب لفظ صنيحة الثقيب وهي الجدار الطرفي في العادة . ويعرف جزء الصفيحة المتبقى بعد الثقيب بحافة الثقيب ، أما شرائط الجدار الخلوى الواقعة بين الثقوب السلية فتسمى عوارض الثقيب .

وتوصف صفائح الثقيب بأنها بسيطة ، اذا كانت تحتوى على ثقب واحد فقط ، ومتضاعفة اذا احتوت على ثقبين أو أكثر . وتتجمع الثقوب المتضاعفة في نظام سلمى عندما تكون مستطيلة ومتوازية ، وفي نظام شبكى اذا اتظمت الفتحات في تركيب يشبه الشبكة . والطرز الشائعة هي البسيطة والسلية ، أما الطراز الشبكى فلا يوجد بكثرة وليس من السهل تمييزه من السلمى . وتحتوى العناصر الوعائية الصغيرة أحيانا على نوع واحد من الثقوب في أحد طرفيها ، وعلى نوع آخر في الطرف الثانى . والثقوب البسيطة تكون مستديرة عادة ، ولكنها في العناصر الضيقة تندرج في الشكل الى بيضية ضيقة . وفي الأوعية الحلقيّة والجزونية يتخذ الثقيب أحد النوعين ، وان كان النوع البسيط هو الأكثر شيوعا . ويمكن القول بوجه عام أن الجدر الطرفية العرضية بسيطة الثقوب ، أما المائلة فسلية الفتحات ، ومع ذلك فهناك شواذ كثيرة . ويعتبر النوع السلمى بدائيا من حيث نشوئه السلفى ، وتوجد بينه وبين النوع البسيط صور انتقالية كثيرة .

والأوعية من خصائص كاسيات البذور ، ولا يفتقر اليها القليل منها ، مثل فصائل تراسنتراسية^(١) وتروكودندروسية^(٢) ، ووتراسية^(٣) (وهي فصائل

تكون الأوعية قد فقدت في أثناء اختزالها . وفي كثير من ذوات الفلقة الواحدة لا توجد الأوعية في السوق والأوراق ، وفي بعضها الآخر يكون غيابها مقصور، على السوق أو الأوراق . وتوجد الأوعية في بعض أنواع جنس الرصن ^(١) وفي السراخس توجد في نوعين من جنس سرخس (بتريديوم) ^(٢) ، وفي الرتبة العلديات ^(٣) من بين عاريات البذور . ومن الواضح أن الوعاء في كل من هذه المجموعات قد نشأ مستقلا ، ومن المحتمل أن يكون ذلك لأكثر من مرة في كاسيات البذور .

طول الوعاء واتساعه : تمتد الأوعية الى مسافات تختلف على حسب نوع النبات ، ونوع الخشب ، ونوع العنصر الوعائي ، وموقع الوعاء في العضو ، وكذلك معدل نمو العضو النباتي . وليس من السهل تقدير ابعاد وعاء منفرد . ففي النباتات المتسلقة وفي الأشجار ذوات الخشب الحلقي المسام والعناصر البسيطة الثقب ، قد توجد أوعية كثيرة يصل طولها الى عدة أمتار . الا أن الأوعية غالبا ما تقل عن المتر وكثيرا ما تبلغ بضعة سنتيمترات فقط في الطول ، ويزداد طول الأوعية في شجرة مفردة تدريجيا من الداخل ، بالقرب من النخاع الى الخارج . ومن المشكوك فيه الى حد بعيد ، أن تمتد الأوعية من قمة الجذر الى قمة الساق في أى نبات . وحيث تتفرع العناصر وتتداخل ، لا يكون الطول محل بحث . وحتى حين يحدث التفرع في المجموعات المستقيمة يصبح تقدير طول الوحدة غير مؤكد . والعناصر الطرفية لا تحوى غير ثقب واحد وتستدق عند النهاية المسدودة .

وعلى الرغم مما تتميز به الأوعية من اتساع ، فإن الأنواع الضيقة قد تكون أضيق من القصصيات المثالية . ويتدرج اتساع الوعاء من هذا الحد حتى يصل الى أقصاه ، وحينئذ يفوق في اتساعه المليمتر بقليل . وتوجد أوسع الأوعية بنوع خاص في أعشاب معينة كالذرة ، وكثير من الكروم والمتسلقات الخشبية ، وبعض الأشجار كأجناس الكمستنا ^(٤) والبلوط ^(٥) والمران .

Pteridium (٢)

Casianen (٤)

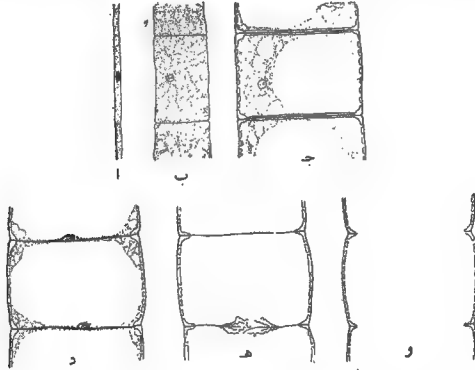
Selaginella (١)

Gnetales (٣)

Quercus (٥)

النشوء التكويني للوعاء : تتكون الأوعية من صفوف من الخلايا الوالدة للخشب — خلايا الكميوم الأولى أو مشتقات الكميوم — وذلك بالتحام أطراف الخلايا بعضها مع بعض في الأدوار الأولى للنمو . ويتضمن هذا الالتحام فقدان الجدر الطرفية أو أجزاء منها ، بحيث تصبح تجاوزيف الخلايا متصلة تماما بعضها مع بعض ، ومكونة مع الجدر ، أنبوبة طويلة (شكلا ٤٩ ، ٥٠) .

وتأخذ العناصر الوعائية ، بعد المرحلة الانشائية ، في الكبر بسرعة ، وتزداد في الاتساع زيادة كبيرة . والعناصر ذوات الثقوب السلية والأنواع الأكثر استطالة البسيطة الثقوب ، قد تزداد في الطول الى درجة ما ، وتكون الأطراف



(شكل ٤٩)

النشوء التكويني لعنصر وعائي في أحد أنواع جنس روبينيا^(١) (ا) ألبدة الكميومية (ب) الخلية مبكرة كثيرا (ج) الخلية وقد ازدادت كثيرا ، وفيها الجدر الثانوي جيسد التكوين ، باستثناء المساحات المثقبة حيث يكون الجدر الابتدائي مقلطا ، والنقر موجودة (د) السيتوبلازم محصور في وضع محيط ، والنواة قريبة من الجدر بحيث يحدث الدويان ، والجدر الثانوي بعيد من مناطق الثقوب (هـ) السيتوبلازم مفقود ، والجدر الطرفية الرقيقة جدا متحللة (و) الخلية الناضجة المثقبة ، الضاوية

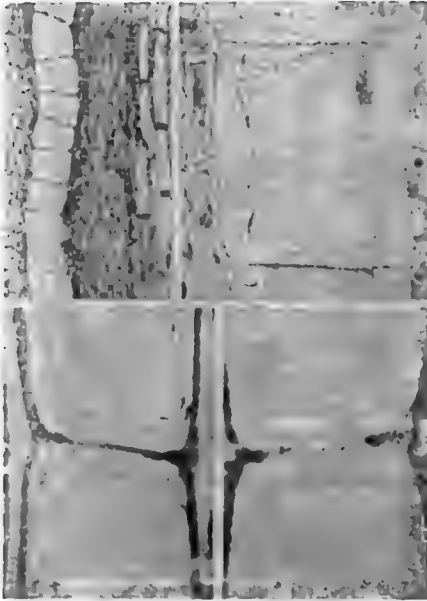
Rubinia pseudo acacia (١)

أذنايا تتداخل بين الخلايا المحيطة . أما العناصر التي تزداد في القطر كثيرا ، وبخاصة تلك التي تنشأ من بدايات كيميومية مصفوفة ، فلا تستطيل بل قد تصبح أقصر قليلا .

وفي أثناء النمو السريع في الحجم الخلوى ، يبقى الجدار الابتدائى — على الرغم من عظم وسرعة ازدياده في المساحة — ثابت الفلز ، فيما عدا المساحات التي تتلاشى فيما بعد عند تكوين الثقوب . وتصبح هذه المساحات أكثر غلظا ومحددة الحافة (شكلا ٤٩ ج ، ٥٠ ب) ، وتبدو في القطاع العرضى عدسية الشكل (في كثير من الأعشاب) أو تشبه الصفيحة (في كثير من النباتات الخشبية) وكثيرا ما ترى متكونة من ثلاث طبقات هي الجداران الابتدائيان للخليتين المتلاصقتين ، والصفيحة الوسطى . وتتكون الجدر الابتدائية أساسا من السيلولوز مع بعض المواد البكتية ، أما الصفيحة الوسطى فبكتية التركيب الى حد كبير . ولقد رصدت مراحل ذات تعدد نووى في أثناء تكوين العناصر الوعائية الابتدائية ، هذا على الرغم من أن جميع أنواع العناصر الوعائية ، تتميز بالحالة الأحادية للنواة .

ويبقى السيتوبلازم كثيفا ونشيطا ، طوال فترة زيادة الخلية في الحجم ، ويبدأ في التحلل البطيء عند البلوغ . وفي بعض النباتات الخشبية تصبح النواة صغيرة ، ومفلطحة الى درجة كبيرة ، ومطمورة في قدر ضئيل من السيتوبلازم قبالة الجدار حيث الثقوب وشبك الحدوث (شكل ٤٩ د) ، وفي نباتات أخرى تتخذ النواة وضعا مركزيا تقريبا في الخلية .

وبعد أن يتم فضج الجدار الابتدائى — وفي بعض النباتات الخشبية يكون الجدار الثانوى قد تكون جزئيا وربما كليا — يبدأ تثقب الجدار الطرقي وفقدان البروتوبلاست . فيصبح الجدار في منطقة الثقوب رقيقا، وينما يتحول السيتوبلازم تدريجيا الى أجزاء ، يتحلل الجدار أيضا في هذه المنطقة ، اما في جميع أجزائه في آن واحد ، كما في بعض النباتات ، واما أن يبدأ التحلل من المركز كما في بعضها الآخر . ويبدأ اختفاء هذا الجزء من الجدار في بعض النباتات بعملية ترقيق ، تتم على الأرجح بالذوبان ، ثم يتبع ذلك تفككه الى عدد من الطبقات الرقيقة (شكل ٤٩ هـ) . أما ما يقال من أن هذه الجدر تتمزق في أثناء المراحل المبكرة



(شكل ٥٠)

النفوس التكوينية للمناصر الوعائية (١، ب) في جنس الترفع (١)، (ج، د) في جنس اللوة (١) قطاع طولي في جوف من الحومة الوعائية، يوضح إلى اليسار، صفًا من المناصر الوعائية قريبًا من النضج، الجدر الطرفية فيه كاملة، وإلى اليمين، يبدو اللحاء محتويًا على أنابيب غريالية ظاهرة. (ب) قطاع طولي لمنصر وعائي مكتمل الحجم تقريبًا، ويبدو فيه البروتوبلاست وصفحة التثقيب (جزء من الجدر الطرفية الذي سيلوب) مظللة. (المسافات البينية الموجودة بين الخلايا البرنشيمية في أقصى اليسار قد تكونت نتيجة تمزق هذه الخلايا بعضها من بعض في أثناء تمدد المناصر الوعائية) (ج، د) المراحل الأخيرة في نضج المنصر الوعائي، وتظهر فيها الجدر الجانبية وحافة التثقيب وعليها الجدار الثانوي، والجدار الابتدائي لصفحة التثقيب محطلا، وبقيًا البروتوبلاست، وهي المكونات الوحيدة المتبقية من إيسو وهويت)

لتكوين الوعاء نتيجة الشد الحادث من الازدياد السريع في القطر ، وأن الجدر الممزقة تنقلص لتتكون الحافة ، فمبنى على مشاهدات تنقصها الدقة .

ولا يتم النضج في كل عناصر الوعاء في آن واحد ، بل يتقدم من أحد الطرفين الى الآخر . وما يقال من أن بلوغ الوعاء دفعة واحدة من قاعدة جذع الشجرة انى فمتها ليس وليد دراسة دقيقة . فالكميوم الذى يكون صفوف بداءات العناصر الوعائية يسير هو نفسه في نشاطه من منطقة الى أخرى في اتجاهات مختلفة . ويبدو أن سير عملية الثقب في العناصر الوعائية قريبة الشبه جدا في الخشبين الأول والثانى في الأعشاب والخشب الثانوى في الأشجار . أما في غير هذه النباتات فلم يكن الموضوع ، على ما يبدو ، محل دراسة .

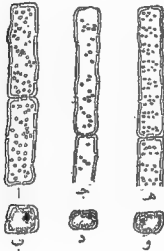
وتشبه حافة الثقب ، الى حد كبير ، بقية الجدار الخلوى . وهى تتفاوت في اتساعها على حسب نوع الوعاء من حزام عريض الى حافة تبلغ من الضيق حدا يصعب معه تمييزها . وتتصف الحافة دائما بنفس صفات الجدر الجانبية ، فيكون لها نفس الغلظ والتلجن ونفس الزوائد : النقر المزدوجة أو القضبان أو الحلزونات . وفي الخلايا الحلقية ، توجد حلقة طرفية من الجدار الثانوى مكونة عند الطرف المتخسر للعنصر الوعائى حافة غير ظاهرة . وفي العناصر الضيقة ذات الحلزونات الواسع اللغات ، قد تتكون الحافة من اللفة الطرفية للحلزونات ، أما الخلايا ذوات الحلزونات الملفوف لفا ضيقا ، فالحافة فيها تضم عادة لفتين من الحلزونات أو أكثر يتخللهما الثقب . وأطراف الخلايا وحوافها غير الواضحة في عناصر الأوعية الحلقية — وهى التى تكون عادة بالغة الطول نظرا للتمدد الزائد ، الذى تتعرض له هذه الخلايا الخشبية ، التى تكونت أولا ، يسهل الالتباس فيها ، وقد يؤخذ صف من الخلايا على أنه خلية واحدة .

وواضح أن الثقوب في العناصر الوعائية ، تمثل نقرا مضفوفة مكبرة وملتحمة ، اختفت منها الأغشية المألقة . وتوجد كل المراحل الانتقالية بكثرة ، ففى كثير من الأحيان يحتوى جدار طرفى مفرد على نقر مضفوفة عادية ، وعلى نقر مماثلة لا أغشية لها ، ومجموعات شبه ملتحة من اثنتين أو أكثر من الفتحات النقرية الشكل . هذا الالتحام ليس ، بالطبع ، تكوينيا في نشأته بل سلفيا .

وفي العناصر الوعائية البسيطة الثقوب ، يشغل الثقب أكبر نسبة من الجدار مستعرضا ، وفي هذه الحالة يختزل الجدار الى حافة ضيقة ، وفي الحالات المتطرفة

يختفى الجدار تقريبا أو تماما . على أن حدود العناصر الوعائية ، يمكن دائما توضيحها بانقسام الجدار الجانبي ، وفي كثير من الأحيان أيضا ، بالاتفاخ الوسطى في جدر الخلايا الفردية . وقد يوجد في نوع أو جنس من النباتات طراز واحد فقط من الأوعية ، وقد يوجد كلا الطرازين في نفس النسيج . وحيثما يوجد النوعان تكون الأوعية ذوات العناصر الأكبر بسيطة الثقوب عادة ، أما ذوات العناصر الأصغر فسلمية .

وتحتوى أوعية الخشب الثانوى في كثير من النباتات على تغلظات حلزونية من الجدار الثانوى (شكل ١٧) . غير أن هذا التركيب لا تعرف له أهمية من الناحية الوظيفية .



(شكل ١٥)

خلايا البرنثيمة الخشبية كما تبدو في القطاع الطولى والعرضى (البروتوبلاست محذوف في القطاع الطولى) (أ ، ب) من نبات البلوط الأبيض (ج ، د) من نبات التفاح (هـ ، ز) من نوع من جنس كاربيا (مقياس الرسم في هذا الشكل ضعف أشكال القصيبات والالياف والاممية)

البرنثيمة الخشبية : الخلايا البرنثيمة شائعة

الوجود في خشب معظم النباتات . وهى موجودة في الخشب الثانوى على هيئة صفوف رأسية من الخلايا مستطيلة نوعا ما ، ومرتبعة بحيث يلتقى الطرف بالطرف (شكل ٥١) ، وتعرف بالبرنثيمة الخشبية ، وعلى هيئة صفوف قطرية مستعرضة ، تكون بعض الأشعة الخشبية أو كلها ، وتعرف ببرنثيمة الأشعة الخشبية ، وتفاوت البرنثيمة الخشبية من حيث كميتهما في الخشب الثانوى من

لا شيء ، كما في خشب بعض الصنوبريات مثل أجناس الصنوبر (١) وتكسوس (٢) واروكاريا (٣) إلى نسبة ملحوسة كما في كثير من ذوات الفلقتين ، وقد تكون كل النسيج المرتب رأسيا كما في بعض الأعشاب والأشجار الاسفنجية

الخشب، والخشب الابتدائى في كل النباتات، فيما عدا بعض ذوات التخصص العالي يحتوى على كمية كبيرة من البرنثيمة الخشبية، وخاصة فيما تكون أولا من أجزائه وتتألف برنثيمة النسيج كلية من خلايا مرتبة ترتيبا رأسيا . والخلايا البرنثيمية

Taxus (٢)

Pinus (١)

Araucaria (٣)

في الخشب ، على النقيض من القصيبات والناصر الوعائية ومعظم أنواع الألياف ، تبقى حية ما بقي النسيج الذى يحتوى عليها قائما بوظيفة التوصيل . وخلايا الخشب البرنشيمية قد تكون رقيقة الجدر أو غليظتها وفى الخشب الثانوى ، تكون غالبا ذات جدر غليظة ، شديدة التلجن الى حد ما . ومن حيث الوظيفة ، تقوم البرنشيمية الخشبية بإدخار الغذاء ، ومن المحتمل أن تكون مقترنة — بطريقة مباشرة أو غير مباشرة — بوظيفة التوصيل . أما تلك الخلايا البرنشيمية التى تكون الأشعة الخشبية فسيأتى ذكرها عند دراسة الخشب الثانوى .

وظيفة الخشب : لا شك أن الخشب فى جملته هو النسيج الموصل للماء والتركيب الدعامى الرئيسى فى النباتات الوعائية . بيد أن هناك وظائف ثانوية تؤدىها البرنشيمية الخشبية وبرنشيمية الأشعة الخشبية ، مثل ادخار الغذاء (النشا والزيوت ومواد أخرى) ومواد من نوع البلورات والأصماغ والراتنج . ويتم توصيل الماء — دون شك — فى تجاويف القصيبات والأوعية ، كما يمكن أن يجرى على الجدر أيضا ، غير أن تفسير صعود العصارة ، خلال هذه الخلايا ، لم يستدل على رأى فيه بعد . فما يزال موضع جدل : هل العوامل الطبيعية هى وحدها المسؤولة مباشرة ، أو أن فعاليات الخلايا الحية تشارك أيضا فى هذه المسئولية . ويؤيد الدليل النسيجي بشدة ارتباط الخلايا الحية بصعود الماء الى أعلى خلال القصيبات والأوعية . فكل خلية من الخلايا الموصلة للماء تكون على اتصال فى جزء من سطح جدارها بخلية أو أكثر من الخلايا الحية ، وفى منطقة الاتصال هذه توجد نقر كثيرة . وفى الخشب العالى التخصص ، حيث يتكون النسيج الى درجة كبيرة من القصيبات الليفة والألياف ، وحيث تكون الخلايا الموصلة للماء قليلة نسبيا ، يتغلف كل وعاء بخلايا برنشيمية ، ولا توجد خلايا برنشيمية بين الألياف غير الموصلة . وفى الخشب الذى لا يحوى برنشيمية خشبية ، تكون كل القصيبات كثيفة التقير مع البرنشيمية الخشبية .

الأنحاء

فى الخشب واللحاء ، يسلك التخصص مسالك تكاد تكون متشابهة ، فازدياد الكفاءة فى التراكيب الموصلة تنتج من ترتيب الخلايا فى صفوف طويلة تربط بين خلاياها علاقة فسيولوجية وثيقة . فهى الخشب يتحول صف من القصيبات

المتحدة تركيبيا ووظيفيا الى وعاء ، وفي اللحاء يكون صف من الخلايا المتحدة بطريقة مماثلة ، الأنبوبة الغربالية .

وكما أن القصيبة هي الطراز الخلوى الرئيسى فى الخشب من حيث التركيب والوظيفة ، فإن العنصر الغربالى هو بالمثل الطراز الخلوى الأساسى فى اللحاء . ويوجد من هذه الخلية اللحائية الأساسية نوعان : نوع بسيط ، أكثر بدائية ، هو الخلية الغربالية فى عاريات البذور والنباتات الدنيئة حيث لا توجد صفوف متحدة من الخلايا ، ونوع متخصص ، هو وحدة من صف ، وهو عنصر الأنبوبة الغربالية أو وحدة الأنبوبة الغربالية . (ومصطلح « قطعة الأنبوبة الغربالية » الذى يستعمل أحيانا يجب أن يستبعد لأنه يوحي بأن هذه الخلية قد تكونت بالتجزؤ) ومن سوء الحظ أن مصطلح « الأنبوبة الغربالية » فى استعماله الشائع لا يدل على صفوف الخلايا المتحدة ولا على المكونات الفردية لهذه الصفوف فحسب بل يستخدم كذلك للدلالة على خلايا ليست متحدة فى صفوف . وأول ما استعمل مصطلح « الأنبوبة الغربالية » إنما قصد به صف الخلايا ، وهو مصطلح وصفى لهذا التركيب ، ويجب الإبقاء على هذا الاستعمال وحصره بقدر الامكان . ومن المحتمل — للتيسير — أن يستمر الاستعمال المزدوج غير الدقيق للمصطلح ، وفى معظم الحالات يدل سياق الكلام على المعنى المقصود ، إلا أن استخدام المصطلحين « عنصر الأنبوبة الغربالية » و « وحدة الأنبوبة الغربالية » للدلالة على وحدات الأنبوبة الغربالية يكون بلا ريب أفضل ولا لبس فيه . وعند دراسة العناصر الغربالية ، استحوذ عنصر الأنبوبة الغربالية على اهتمام أكبر من الخلية الغربالية ، ومعظم التفاصيل المعروفة عن تركيب العنصر الغربالى ، هى وليدة الدراسة الخاصة بعنصر الأنبوبة الغربالية .

واللحاء كالخشب ، نسيج مركب قد يتكون (١) من خلايا غربالية وبرنشيمة لحاء فقط كما فى التريديات^(١) وكثير من عاريات البذور^(٢) ، أو (ب) من خلايا غربالية وبرنشيمة وألياف لحاء كما فى بعض عاريات البذور . أو (ج) من نوعين أو أكثر من الطرز الخلوية الآتية : أنابيب غربالية ، وخلايا مرافقة ، ونوع أو أكثر

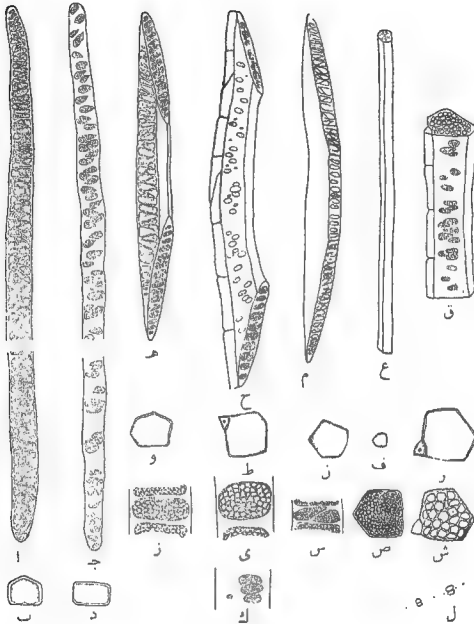
من برنثيسة اللحاء ، وألياف لحاء ، واسكريدات ، وأنواع مختلفة من الخلايا الافرازية كما في كاسيات البذور .

الخلية الغربالية وعنصر الأنبوبة الغربالية : الخلايا الغربالية وعناصر الأنبوبة الغربالية متكافئة مرفولوجيا ومتماثلة في التركيب الأساسى وفى الوظيفة . ولكنها تختلف من حيث أن ثقب جدر الخلايا الغربالية وخيوطها السيتوبلازمية تكون كلها متشابهة ، على حين تكون فى عنصر الأنبوبة الغربالية على درجتين من التخصص ، كما أن الخلايا الغربالية ليست مرتبة فى صفوف كعناصر الأنايب الغربالية . والخلايا الغربالية وعناصر الأنبوبة الغربالية ، هى خلايا مستطيلة حية ، جدرها سليولوزية رقيقة . ويحتوى البروتوبلاست على فجوة مركزية كبيرة ، وعلى طبقة محيطية رقيقة من السيتوبلازم . وتختفى النواة حين تصل الخلية الى اكتمال النضج . ويوجد بالسيتوبلازم بلاستيدات عدية اللون تقوم فى بعض النباتات بتجميع النشا أو مواد مماثلة . وتحتوى الفجوة فى بعض ذوات الفلقتين على مواد مخاطية (ذات طبيعة بروتينية) قد تتوزع فى العصير الخلوى كله ، أو تتكثف فى أماكن مختلفة . فالسدادات المخاطية التى ترى فى القطاعات فى بعض النباتات (شكلا ١٠٩ ج ، ١١٠ ج) ، هى دون شك تجمعات من المخاط تتجث عن اصابة الأنسجة . والجدار فيما يبدو يتكون من طبقات ابتدائية فقط . وفى بعض الأجناس مثل جنس ليريودندرون ^(١) (شكل ١٠٨ ا) قد يصبح الجدار فى بعض المراحل غليظا ، ومن المحتمل حينئذ أن يكون موصفا لادخار الغذاء .

المساحات الغربالية والصفائح الغربالية : تعتبر الخلايا الغربالية وعناصر الأنايب الغربالية فريدة ، فى كونها خلايا حية تؤدي وظيفتها ، على حين لا توجد بها نواة ، وتوجد فى جدرها ثقوب دقيقة تمتد خلالها خيوط من السيتوبلازم تشبه الروابط البلازمية ، وإن كانت فى العادة أكثر منها غلظا ، وهى — على النقيض من الروابط البلازمية — مغلفة بالكالوس ^(٢) . وتتجمع الخيوط الرابطة لسيتوبلازم العناصر الغربالية فى مساحة من الجدار تعرف بالمساحات الغربالية . هذه المساحات التى تكون غير متخصصة فى عاريات البذور والتريديات ، تصبح على درجة كبيرة من التخصص فى كاسيات البذور ^(٣) فتكبر الخيوط

السيوبلازمية وتكون المساحات أكثر تحديدا . وتشغل تلك المساحات أجزاء محددة تقريبا من جدار الخلية — من الجدر الطرفية عادة — تعرف بالصفائح الغربالية . وهناك نوعان من الصفائح الغربالية : بسيطة ذات مساحة غربالية واحدة ، ومركبة تحتوى على عدد من تلك المساحات . وفي الصفائح الغربالية البسيطة تميل الثقوب والخيوط السيوبلازمية الى الكبر ، وتشغل الصفيحة معظم أو كل الجدار الطرفى الذى يكون فى العادة مستعرضا . أما الصفائح الغربالية المركبة ، فالثقوب فيها أصغر من مثيلاتها فى الصفائح الغربالية البسيطة ، وتشغل عادة جزءا من الجدار الطرفى المائل .

وتنتشر المساحات الغربالية على الجدر الجانبية والطرفية ، أو تنحصر جزئيا أو كليا فى جدر معينة ، كالجدر القطرية والطرفية فى الأنابيب الغربالية ذوات الأطراف المستدقة كثيرا ، وكالجدر الطرفية حيث تستدق الخلية فجأة ، أو يكون جدارها الطرفى مستعرضا (شكل ٥٢) . ويختلف عدد المساحات الغربالية على الجدر الجانبية كثيرا . فيوجد فى العادة عدد قليل منها ، أو لا يوجد على الإطلاق ، حيثما يكون الجدار الطرفى مستعرضا أو قريبا من ذلك (شكل ٥٢ ع ، ق) ، أما حيث يكون الجدار الطرفى مستدقا لمسافة طويلة ، فإن الجدار الجانبى — وكذلك الطرفى الذى يصعب تمييزه منه — ويكون مغطى بأكمله بمسافات غربالية متقاربة (شكل ٥٢ ا ، هـ) . ويتوقف عدد المساحات الغربالية وموضعها الى درجة كبيرة على وضع الأنابيب الغربالية المحيطة وترتيبها . وقد تكون عناصر الأنابيب الغربالية — الى درجة ما — مفصصة أو متشعبة ، وقد يكون لها أحيانا ثلاثة أطراف محددة . وتوجد مثل هذه الخلايا عند تقعر الأنوبة الغربالية . وقد يكثر هذا التقعر فى اللحاء المحتوى على أنابيب غربالية من النوع الأكثر بدائية ، وتكون الأنابيب فى هذه الحالة نظاما شبكيا مفككا بدلا من الصفوف الطويلة غير المتفرعة أو النادرة التقعر ، كما هى الحال فى النوع الراقى . وحيثما تنقصر الجدر الجانبية الى المساحات الغربالية الواضحة المعالم ، توجد فى العادة صفائح غربالية أثرية ، تعرف بالبقع الشبكية (شكل ٥٢ ح ، ق) . وهى تشبه المساحات والصفائح الغربالية المثالية بأنواعها المختلفة ، ولكنها غير محددة المعالم ، وكثيرا ما تشبه الشبح ، وثقوبها متناهية فى الصغر ، ولا تكبر فى أغلب الأحيان الروابط البلازمية العادية (شكل ٥٢ ك) ، وأحيانا لا توجد . ويتضح التفاوت



(شكل ٥٢)

الخلايا القربالية ومناظر الانابيب القربالية في المنظر الجانبي والقطاع العرضي ، مع تفاصيل تركيب الصفائح القربالية (١ ، ب) من جنس سرخس الديشار (پتریدیوم (١)) ، ويظهر ربع الخلية فقط (ج ، د) من نوع من جنس تسوجا (٢) ، ويظهر ثلث الخلية فقط (هـ ، و ، ز) من الجزء الاسود (٣) (ل) جزء من الصفيحة القربالية بالتفصيل (ح ، ط ، ذ ، ل) من جنس ليريودندرون (ح ، ط) توضع الخلايا المرافقة المتصلة (ي ، د) تفاصيل الصفيحة القربالية والرقعة الشبكية على التوالي (ل) الصفيحة القربالية كما تبدو في القطاع (م ، ن ، س) من نبات التفاح (س) تفاصيل الصفيحة القربالية (ع ، ف ، ص) من نبات البطاطس (ص) تفاصيل الصفيحة القربالية (ق ، ر) من احد انواع جنس روبينيا ، وفيها تبدو الخلايا المرافقة متصلة (ش) تفاصيل الصفيحة القربالية . (الانابيب القربالية مرسومة بنفس مقياس الرسم الذي رسمت به القصبيات ، والالياف ، والاوعية ، ي الاشكال ٤٦ و ٤٧ و ٤٨ وكل تكبيرات الصفائح القربالية والرقع الشبكية مملت بمقياس رسم واحد)

Juglans nigra (٧)

Tsuga candensis (٧)

Pteridium (١)

في حجم الثقوب في الصفائح الغרבالية والبقع الشبكية في النباتات الخشبية من المقاييس الآتية : ففي الجوز الأسود يكون حجم الثقوب في الصفائح الغרבالية من ١٨ الى ٣٥ ميكرونات ، وفي البقع الشبكية من ٥ الى ٦٠ ميكرون ، وفي نوع من جنس الحور^(١) ، يكون الحجم ٣٥ - ٥٥ ميكرونات و ٥٥ - ٦٠ ميكرون على التوالي ، وفي الصفاف الأسود ، ٢ - ٣ ميكرونات و ٤٠ - ٥٥ ميكرون وقد توجد بين المساحات الغרבالية المثالية والبقع الشبكية صور وسطية . والبقع الشبكية شائعة في الأنايب الغרבالية الوسطية ، ولا توجد عادة في معظم النباتات العشبية . قد أصبح مصطلح « الحقل الغرابي » الذي يستخدم أحيانا للدلالة على البقع الشبكية غامضا في استعماله ولا تدعو اليه الحاجة .

الأنايب الغרבالية : ان الاتحاد بين عناصر الأنايب الغרבالية ، لتكوين أنبوبة غרבالية ، يكون مكفولا تركيبيا ، بتحول في الشكل والترتيب ، بحيث يؤدي الى تكوين أنبوبة طولية ، ومن الناحية الوظيفية ينظم تخصص الخيوط الموصلة في الجدر الطرفية للعناصر . وفي مراحل تكوين الأنبوبة الغרבالية تزداد عناصرها في القطر وتقصر في الطول . ويتفاوت شكل هذه العناصر في مدى مماثل ذلك الذي يوجد في صفوف الأوعية القصية : ففي النوع الأكثر بدائية تكون الأطراف مستندقة كثيرا ، ومن ثم يصعب تمييز الجدار الطرفي من الجدار الجانبي (شكل ١٥٢ ، ج) ، وفي العادة يكون الجدار الطرفي المحدد المعالم مائلا (شكل ٥٢ هـ، ح، م) أو مستعرضا في الأنواع الأكثر تخصصا (شكل ٥٢ ع، ق) . كذلك عند تكوين الأنايب الغרבالية تتناقص مساحاتها الغרבالية في العدد ، وفي النوع البدائي من الأنبوبة الغרבالية ، تكون المساحات الغרבالية كثيرة وتوجد على صفيحة تشغل الجدار الطرفي الطويل المائل ، وهذه المساحات وثيقة الشبه بالمساحات الكثيرة الموجودة على الجدر الجانبية، أما النوع الأكثر تقدما ، فيحتوي على مساحة واحدة في صفيحة ، تشغل كل الجدار الطرفي المستعرض تقريبا ، وتكون المساحات على الجدر الجانبية نادرة أو معدومة . وأقطار الخيوط الستوبلازمية الموصلة في هذا النوع المتقدم تكبر مثيلاتها في الأنواع الأخرى كثيرا . ونوع الأنبوبة الغרבالية ليس ثابتا في الصفات ، وحتى في الأجناس أحيانا .

ويوجد النوع البدائي في بعض الفصائل التي تعتبر متقدمة ، مثل فصيلة البيلسان^(١) ، ويوجد النوع الأكثر تقدما في بعض الفصائل البدائية كالفصيلة التوتية^(٢) وفصيلة النشم^(٣) . وقد حدث تطور تقدمي في نوع الأنبوبة الغربالية في بعض الفصائل (فصيلة الزان^(٤) والفصيلتان الوردية^(٥) والقرنية^(٦)) وفي بعض الأجناس (جنسا المران والحوخ^(٧)) . وعلى الرغم من أن الأنابيب الغربالية في الكروم والأعشاب ، هي في العادة من النوع الأكثر رقا ، فإن كل الأنواع توجد في النباتات الحشيشية والعشبية .

النشوء التكويني للعناصر الغربالية : تتفاوت الخلايا الوالدة للعناصر الغربالية في الشكل من القصيرة الأسطوانية الى المستطيلة الضيقة ، المستدقة . والرقع النقرية الابتدائية — كما هي الحال على جدر القصيبات الحديثة — كثيرة على الجدر ، وخاصة في اللحاء الثانوي . وعندما تتميز هذه الخلايا فانها تستطيل ، ويصبح السيتوبلازم كثير الفجوات ، نشيطا في انسيابه، ويتغلظ الجدار ، وتتكون المساحات الغربالية من الرقع النقرية ، وتصبح الخيوط السيتوبلازمية بارزة وتزداد في الحجم ، ويتكون الكالوس حول الخيوط الموصلة . والعلاقة التكوينية بين الرقع النقرية والمساحات الغربالية ليست واضحة تماما . فقد تكون رقعة نقرية واحدة مساحة غربالية واحدة أو أكثر ، أو قد تكون عدة رقع نقرية مساحة واحدة ، وذلك حيث تكون الصفيحة الغربالية بسيطة . وفي هذا النوع البسيط من الصفائح ، عندما تكون الخيوط الموصلة كبيرة جدا ، قد تساهم رقعة نقرية واحدة أو أكثر في تكوين الثقب ، كل خيط يمثل رابطة بلازمية واحدة ، زادت في الحجم كثيرا ، أو مجموعة من الخيوط الملتحمة الخاصة برقعة نقرية واحدة . ويبدأ تكوين الكالوس بظهور حلقات حول الخيوط عند فتحات الثقوب ، وبتوالي الترسيب تتكون أسطوانات تغلف الخيوط .

وعندما يصل عنصر الأنبوبة الغربالية الى مرحلة اكتمال الحجم ، يصبح الجدار رقيقا ، وتحلل النواة ، وتواصل الخيوط الموصلة زيادتها في القطر ، ويتوقف انسياب السيتوبلازم ، وتصبح طبقة السيتوبلازم المحيطية رقيقة جدا ، وتختفي

Ulmaceae (٢)

Leguminosae (٦)

Moraceae (٢)

Rosaceae (٥)

Caprifoliaceae (١)

Fagaceae (١)

Prunus (٧)

الحدود بين السيترولازم والفجوة ، ومن ثم تختفى الحواص شبه المنفذة . ويبدو أن الفترة التي تمارس فيها الخلية وظيفتها كتركيب موصل تبدأ عند هذه المرحلة . ويستمر التوصيل بالأنايب الغربالية في كل النباتات لفترة وجيزة فقط ، تتفاوت من أيام قليلة في اللحاء الابتدائي ، الذي يتكون مبكرا ، الى سنة وربما أكثر ، في اللحاء الثانوي للنباتات الخشبية .

تزداد كمية الكالوس خلال الحياة الوظيفية للأنبوبة الغربالية ، ومن ثم تستطيل الأسطوانات المغلظة للخيوط . و يترسب الكالوس كذلك على الجدار حول الخيوط وبينها مكونا مع الأسطوانة كتلة تشبه الوسادة فوق المساحة الغربالية . وفي المراحل الأخيرة لتغلظ هذه الوسادة ، تصبح الخيوط ضعيفة ، وقد تتمزق بعضها أو كلها . ويبدو أن هذه الحالة تصاحب موت البروتوبلاست . ولهذا السبب يطلق على وسادة الكالوس اسم الكالوس النهائي . وفي بعض النباتات الخشبية ، حيث تؤدي الأنايب الغربالية وظيفتها لفصل نمو ثانوي - وربما أكثر - لا يموت البروتوبلاست ، ويذوب الكالوس النهائي عندما يتجدد النشاط في التوصيل . في مثل هذه الحالات ، لا بد أن تبقى الخيوط الغربالية دون أن تتمزق . والأنايب الغربالية التي تؤدي وظيفتها لأكثر من فصل نمو واحد ، لا يعرف عن تركيبها غير تفاصيل قليلة . وتتكون وسائد الكالوس بصورة ضعيفة ، أو لا تتكون على الإطلاق على المساحات الغربالية للبقع الشبكية ، ويتخذ ذلك - بالإضافة الى وجود قليل من الخيوط الموصلة الضعيفة - دليلا على الطبيعة الأثرية لهذه التراكيب . وتعتبر البقع الشبكية مرحلة انتقال في تركيب الجدار الجانبي ، بين المساحات الغربالية العديدة ، في عنصر الأنبوبة الغربالية البدائي ، وبين انعدام هذه المساحات ، أو اختزال عددها الى درجة كبيرة في النوع الأكثر رقيا .

اندثار الأنايب الغربالية : بعد فقدان البروتوبلاست من عنصر الأنبوبة الغربالية ، فإن الجدار الخلوي - وهو في هذه المرحلة يكون رقيقا مثلما كان في المراحل المبكرة لتكوينه - يتعرض للسحق أو الانطباع تحت ضغط الأنسجة المحيطة وتوترها اللذين يتولدان نتيجة ازدياد العضو الذي يحتوي عليها في القطر أو الطول . وفي كثير من النباتات العشبية تكون وسائد الكالوس وأسطواناته ما زالت موجودة عند حدوث السحق ، ولكنها تكون قد اختفت في اللحاء الثانوي في النباتات الخشبية . وسحق الأنايب الغربالية الميتة وخلاياها

المرافقة يكون في العادة كاملا بحيث تصبح هذه الخلايا ممثلة فقط بأشرطة أو صحاف من مادة غير ذات تركيب ، وقد تمتص هذه المادة مباشرة . وفي معظم النباتات - باستثناء ذوات الفلقة الواحدة - تتجمع الخلايا الحية المحيطة في المكان الذي كانت تشغله الخلايا المنسحقة ، ومن ثم يصبح من الصعب تبيين التركيب المبدئي لهذا النسيج . ويطلق على سحق وامتصاص الأنابيب الغربالية وخلاياها المرافقة لفظ « الاندثار » . وسيكون الاندثار محل دراسة أخرى في الفصل الثامن .

الخلايا الغربالية في عاريات البذور * لم تدرس الخلايا الغربالية بتوسع كعناصر الأنابيب الغربالية ، كما أن تركيب مساحاتها الغربالية أصعب كثيرا في تحقيقه . ويعتقد أن الخيوط الموصلة تنظم في مجموعات صغيرة ، ويبدو أن أسطوانات الكالوس تغلف هذه المجموعات ، ليست الخيوط الفردية كما في كاسيات البذور وتشبه الخلايا الغربالية عناصر الأنابيب الغربالية كثيرا من حيث تكوينها ، وطول حياتها الوظيفية ، واندثارها . ومن المحتمل أن يكون للخلايا الغربالية في النباتات اللازهرية الوعائية حياة وظيفية أطول منها في النباتات البذرية ، وقد تصل في هذه الحالة إلى عدة سنوات .

الخلايا المرافقة : الخلية المرافقة طراز متخصص من الخلايا البرنثيمية ، وثيق الصلة من حيث نشأته ، وموضعه ، ووظيفته ، بعناصر الأنبوبة الغربالية . وتوجد هذه الخلايا في كاسيات البذور فقط ، وهي في هذه النباتات تصاحب معظم عناصر الأنابيب الغربالية . وقد يفتقر اللحاء الأول أحيانا إلى الخلايا المرافقة ، كما أنها قد تكون نادرة الوجود في اللحاء الابتدائي واللحاء الثانوي المبكر ، في بعض النباتات الخشبية . وتكثر الخلايا المرافقة في اللحاء العالي التخصص - كالحاء كثير من ذوات الفلقة الواحدة - حيث تكون مع الأنابيب الغربالية النسيج بأكمله .

وتتكون الخلايا المرافقة بالانقسام الطولي ، أو الطولي المائل ، للخلية الوالدة لعنصر الأنبوبة الغربالية ، وذلك قبل أن يبدأ تخصص هذه الخلية . وقد تتحول إحدى الخليتين الوليدتين إلى خلية مرافقة وتصبح الأخرى عنصرا للأنبوبة الغربالية ، وقد تنقسم الخلية الأخيرة انقسامات أخرى لتتكون مزيدا من الخلايا المرافقة . وقد تنقسم بداءة الخلية المرافقة انقسامات مستعرضة ، مكونة صفا من

الخلايا المرافقة ، ومن ثم فإن خلية واحدة أو أكثر ، قد تصاحب كل عنصر غربالى . وقد تمتد الخلية المرافقة ، أو الصف الذى يضم عددا قليلا منها ، والذى نشأ بالانقسام المستعرض لبدء خلية مرافقة واحدة ، على طول عنصر الأنبوبة الغربالية ثابت فى النوع الواحد تقريبا . والخلايا المرافقة الطويلة المنفردة شائعة الوجود فى اللحاء الابتدائى والنباتات العشبية ، أما الخلايا القصيرة الكثيرة العدد فتميز اللحاء الثانوى فى النباتات الخشبية .

وتحتوى الخلايا المرافقة على قدر كبير من السيتوبلازم الحبيبي ، ونواة ظاهرة تبقى طول حياة الخلية ، وهى لا تحتوى على نشا فى أى وقت من الأوقات وتعيش مابقى عنصر الأنبوبة الغربالية الذى ترافقه حيا ، وتستحق معه .

وتبدو الخلية المرافقة فى القطاع العرضى صغيرة عادة ، مثلثة الشكل أو مستديرة أو قائمة الزوايا ، تمتد الى جانب عنصر الأنبوبة الغربالية (شكل ٥٢ ط ، ر) . وفى أكثر الأحيان تبدو الخلية المرافقة وكأنها ممتدة بين نهايتى عنصر الأنبوبة الغربالية . فإذا لم تكن كذلك فقد يصبح من المستحيل تحديد الأنبوبة الغربالية التى تصاحبها ، إذ أنها قد تكون على اتصال بأكثر من واحدة . وفى اللحاء الثانوى لكثير من عاريات البذور تكون الخلايا الحافية للأشعة — وهى المعروفة بالخلايا الزلالية^(١) — مختلفة كثيرا عن بقية الخلايا الشعاعية . وسنتناول هذه الخلايا بالدراسة فى الفصل الثامن .

برنشيمية اللحاء : يحتوى اللحاء فى المادة على خلايا برنشيمية من أنواع أخرى غير الخلايا المرافقة . ويطلق على هذه الخلايا أسماء مختلفة على أساس الشكل والوظيفة المحتملة ، إلا أن هذه الأسماء محيرة فى استعمالها ، كما أن الاختلافات بينها لا تستوجب التمييز . وتتفاوت هذه الخلايا فى الشكل بين المستطيلة المستدقة والأسطوانية العريضة ، شبه الكروية أو عديدة الأوجه (شكل ٥٣ هـ) . وقد تنقسم الخلية المستطيلة ، وهى فى حداثتها ، مكونة صفا من الخلايا ، يحتفظ فى شكله وموضعه عند البلوغ بما يدل على هذه النشأة ، وتتفاوت محتويات هذه الخلايا تفاوتاً كبيراً ، فتوجد بها البلورات ، والمواد الثانوية ، والمخاطية ، واللبنية ... الخ . وتمتلىء معظم الخلايا البرنشيمية بالنشا

أو الزيت في فترات الركود . وتظل هذه الخلايا حية الى أن ينقطع اتصالها بالأنسجة الحية الداخلية بعد تكوين البريديرم . وقد تتحول برنشيمة اللحاء الثانوى عندما يتقدم بها العمر الى اسكلريدات كما في جنس البلوط .



(شكل ٥٣)

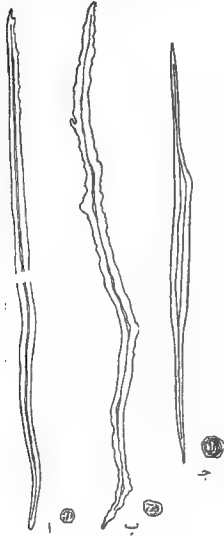
البرنشيمة اللحاءية ، قطاعات طولية مرفسية (ا ، ب) من نبات الصفصاف الاسود (ج ، د) من أحد أنواع جنس روبينيا (ه ، و) من جنس ليرودندرون (ز ، ح) من نبات التفاح

وقد لا توجد البرنشيمة في اللحاء ، فيتكون النسيج من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة فقط كما هي الحال في الحزم الوعائية لكثير من ذوات الفلقة الواحدة .

وستكون برنشيمة الأشعة اللحاءية محل دراسة عند تناول اللحاء الثانوى (الفصل الثامن) .

الياف اللحاء واسكلريداته : الخلايا الاسكلرنشيمائية نادرة أو غير موجودة في لحاء التريديات الحية ، كما أنها لا توجد في هذا النسيج في بعض عاريات البذور وكاسياتها . غير أنه في كثير من النباتات البذرية تكون الألياف جزءا بارزا في كل من اللحاء الابتدائى والثانوى (شكل ٥٤) . وألياف اللحاء الابتدائى — أو جزء منها — قد أخطىء في تقديرها في بعض النباتات على أنها ألياف البريسكيل (الفصل الخامس) . وتختلف ألياف اللحاء عن ألياف الخشب ، في أن الثغر تكون دائما بسيطة ، فواتها صغيرة ، طولية أو مستديرة . وجدر الألياف اللحاءية ملجننة . وفي أثناء تكشف هذه الخلايا ، تتداخل أطرافها المستدقة لمسافة طويلة ، ومن ثم تتكون أشرطة قوية . وتتخذ الألياف شكل صحاف مماسية أو أمطوانات تغلف الأنسجة الداخلية . وهي ذات أهمية تركيبية واضحة ، كطبقات واقية لمنطقة الكيميوم الداخلية الرخوة ، كما أنها

تعمل الى درجة ما كأنسجة مقوية طولية . وفي بعض الأعشاب ، وأحيانا النباتات الخشبية كنبات الدركة ، تكون الألياف أكثر أهمية في تدعيم الساق من أسطوانة الخشب .



(شكل ٥٤)

الألياف اللحاءية ، قطاعات طولية ومرئية (أ) من نبات الصفاف الاسود ، ويظهر لك الخلية لغند (ب) من نبات التفاح (ج) من أحد أنواع جنس روينيا . (مقياس الرسم ضعف المقياس المستخدم في الشكل الخاص بالعناصر الغربالية ، شكل ٥٢)

والألياف اللحاء الأول ، التي تكون الخلايا الخارجية للحاء الابتدائي ، هي من الظواهر البارزة لكثير من السوق الخشبية والعشبية على السواء . وفي المراحل المبكرة من تكشف الساق ، قد تساهم هذه الألياف في تدعيمها الى درجة كبيرة . وتنتظم ألياف اللحاء بطرق شتى : فقد تكون على هيئة أشرطة متصلة ، منتظمة ، أو غير منتظمة وقد تتخذ شكل أشرطة مبعدة متفرقة ، أو مجموعات تغطي قمم أشرطة اللحاء الابتدائي . وتلك الألياف تكون في العادة ملجننة كما في القنب ، ولكنها قد تكون سليوزية كما في الكتان . وتشبه ألياف اللحاء الابتدائي في أغلب الأحيان ألياف القشرة وألياف اللحاء الثانوي . وهذه الألياف مجتمعة أو منفردة تكون مع غيرها من الألياف ، والحزم الوعائية في بعض الأحيان ، الألياف التي تستغل في الصناعة والتجارة .

مصطلح الياف اللحاء^(١) : بالنظر لثلاثة

حزم الألياف اللحاءية ، فانها تستخدم

منذ وقت طويل في صناعة الجبال وفي نسج الحصر والقماش . والنسيج

(١) Bast fibres

الليفى المستعمل فى هذا الصدد يطلق عليه منذ أمد بعيد لفظ ألياف اللحاء (باست) وقد كان هذا المصطلح يستخدم أصلا فى الدلالة على أية ألياف تستخرج من الجزء الخارجى للنبات ، هذا على الرغم من أن جزءا كبيرا من تلك المادة يأتى من اللحاء الثانوى وذلك كما فى جنس الزيزفون^(١) . وإذا كان اللحاء الثانوى متميزا عن القشرة استخدم مصطلح « ألياف اللحاء » للدلالة على هذا اللحاء ، الذى كان المصدر العام للألياف . وعلى هذا الأساس ما يزال المصطلح كثير الاستعمال كمرادف اللحاء . وعلى ضوء هذا الاستعمال الشكلى للمصطلح ، أصبحت ألياف اللحاء تعرف بالألياف . غير أن مصطلح « الألياف اللحاءية » يطلق أيضا من باب التبسيط على أية ألياف من الأجزاء الخارجية للنبات . وهذا استعمال طبوغرافى ، ليس نسيجيا أو شكليا ، فقد تكون تلك الألياف جزءا من القشرة أو البريسيكل . وكثيرا ما يقسم اللحاء الثانوى الى « لحاء صلد ولحاء رخو » ، وكذلك يقسم القلف الى « ألياف لحاء ولحاء حى » . ومصطلح « ألياف لحاء » يستعمل فى هذا الصدد دون أن يكون له معنى علمى دقيق ، ومن ثم يجب أن يقلع عن استخدامه كمصطلح فنى . كما أنه من نافلة القول استعماله ما دامت مصطلحات « اللحاء » و « ألياف اللحاء » و « ألياف البريسيكل » و « ألياف القشرة » تغطى بدقة كل استعمالاته .

ويحتوى اللحاء الابتدائى أحيانا على اسكريدات ، كما يحتوى اللحاء الثانوى المتقدم فى العمر فى كثير من الأشجار على كثير من خلايا هذا النوع . وتتكون من الخلايا البرنشيمية عندما يتقدم النسيج فى السن وتتوقف الأنايب الغרבالية عن القيام بوظيفتها .

التنقىير فى خلايا اللحاء : العلاقة الخلوية المعقدة فى اللحاء ، والجدر الرقيقة التى تتميز بها كثير من خلاياه ، والتشابه بين النقر وبروابطها البلازمية والمساحات الغרבالية بخيوطها السيتوبلازمية من شأنها أن تجعل تحديد التنقىير صعبا . كما أن المعلومات الخاصة بتركيب الجدار فى بعض الأماكن متفاوتة كثيرا ، وتتطلب المزيد من الايضاح . والتنقىير فى الخلايا الغليظة الجدر واضح . فالنقر المزدوجة هى من النوع البسيط الخاص بالخلايا البرنشيمية والاسكلرنشيمية ، الا فى بعض

الطرز البرنثيسية حيث تشبه النقر المساحات الغربالية (شكل ١١٠ د) . وتوجد بين الأنبوبة الغربالية والخلية البرنثيسية مساحة غربالية في جانب الأولى ونقرة في جانب الأخيرة . أما بين الأنبوبة الغربالية والخلية المرافقة فإن الجدار يكون في العادة رقيقا جدا ، لا ترى فيه أية مساحات متخصصة ، ويندر أن يكون هذا الجدار غليظا ومحتويا على نقر . ومن المعتقد بوجه عام ، أنه لا توجد نقر مشتركة بين الخلايا المرافقة والبرنثيسية ، على أن نقرا مزدوجة قد وصفت في بعض النباتات .

وظيفة اللحاء : الوظيفة الرئيسية للحاء ، هي توصيل المواد الغذائية المجهزة ، بروتينية و كربوهيدراتية . ومن المعتقد أن العناصر الغربالية هي الخلايا المتخصصة في هذا التوصيل ، وترتبط معها بطريقة ما في فعاليتها الخلايا المرافقة ، أو الخلايا الزلائية . وتساهم الأنسجة الاسكلرنشيمية — من ألياف واسكلريدات — الى درجة ما — في تدعيم العضو وحماية الأنسجة الرخوة الموجودة ناحية الداخل بالنسبة لها ويدخر الكثير من الخلايا البرنثيسية النشا في فترات معينة ، ويحتمل أن البعض من هذه الخلايا ، يسهم في توصيل بعض المواد ، كما يكون البعض الآخر مناطق ادخار للبلورات .

وسيكون اللحاء محل دراسة أخرى عند تناول الجسم الابتدائي (الفصل الخامس) واللحاء الثانوى (الفصل الثامن) بالدراسة .

مصطلح اللحاء : يستعمل مصطلح اللحاء أحيانا — كما يستعمل مصطلح الحشب — للدلالة فقط على الخلايا الموصلة لنسيج معقد وظيفته الرئيسية هي التوصيل . وعلى هذا الأساس تكون العناصر الغربالية وحدها ، من النسيج المعروف عادة باللحاء ، هي المقصودة بهذا المصطلح . وكثيرا ما يطلق على كل « الخلايا الرخوة » لفظ « لحاء » وعلى الخلايا الاسكلرنشيمية لفظ « ألياف لحائية » . وحصر استعمال « اللحاء » على الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة يستخدم على وجه الخصوص في اللحاء الأول . غير أنه من الوجهة النسيجية والشكلية يشير اللحاء الى النسيج المتصل بأكمله ، وعلى هذا الأساس استخدم المصطلح في هذا الكتاب . فعلى سبيل المثال ، لا يتكون اللحاء الأول من عناصر الأنابيب الغربالية التى تؤلف أولى خلاياه البالغة فقط بل يتضمن كذلك الألياف التى تحيط بها والتى تأخر نضجها كثيرا .

النسيج الناقل : وهو نسيج موصل من نوع خاص ، يتكون أساسا من قصبيات قصيرة ، جذرها سليولوزية رقيقة تحتوى على نقر مضفوفة أو تغلظات شبكية أو سلمية ، ويصاحب عادة النسيج الوعائى المثالى فى أوراق عاريات البذور . وهذه الخلايا شبيهة بالقصبىات من حيث طريقة تنقيرها وفقدانها للبروتوبلاست ، ولكنها فيما عدا ذلك توحى بأنها خلايا برنشيمية مستطيلة . وتوجد هذه الخلايا ملاصقة للخشب الحقيقى على جانبى الحزمة ، وقد تحيط به جزئيا أو كليا . ولما كانت هذه الخلايا تعمل على ما يبدو كنسيج موصل ، يربط بين العروق والنسيج المتوسط فى الأوراق ، ويقوم مقام الفروع العادية المتناهية الصغر للعروق ، فانها تكون مجتمعة ما يعرف بالنسيج الناقل . وعلى الرغم من أن وظيفة هذا النسيج غير معروفة تماما فانه دون شك يمثل نسيجا وعائيا متحورا .

الأجهزة النسيجية

كل أنسجة النبات التى تؤدي وظيفة عامة واحدة ، بغض النظر عن موضعها واتصالها داخل الجسم ، تكون فى مجموعها جهازا نسيجيا . وعلى هذا الأساس يكون المصطلح فسيولوجيا بحثا . وهذه المعاملة الفسيولوجية للتشريح يتميز عدد من الأجهزة النسيجية مثل « النسيج الدعامى » و « النسيج الماص » و « النسيج التخزينى » . ولا يربط بين الأجزاء المختلفة لمعظم هذه الأنسجة غير رباط الوظيفة ، أما وحدة التركيب والشكل فضئيلة أو غير موجودة على الإطلاق . وقد يكون الاتصال والتشابه فى الطبيعة أو الأصل بين أجزاء النسيج معدوما .

ويعتبر تجميع الأنسجة فى أجهزة نسيجية من الوجهة الشكلية ملائما فى بعض الأحيان . ولا بد أن يكون الجهاز النسيجي — من الناحية الشكلية — مركبا من خلايا ممتدة بلا انقطاع داخل جسم النبات كله ، أو خلال جزء كبير منه . وقد يكون الجهاز النسيجي من البساطة بحيث يتركب من طراز واحد من الخلايا أو الأنسجة ، أو قد يتكون من طرازين أو أكثر من الأنسجة . ويمكن على أية حال ، تمييز عدد قليل من الأنسجة المتباينة تركيبيا . فقدامى الدارسين لعلم التشريح ميزوا الأجهزة البشرية — أ والمغلفة — والأساسية والوعائية . على أن هذا التمييز الى تلك الأنسجة ليس فى الغالب متبعا الآن ، ويعزى ذلك ، دون شك ، الى أن

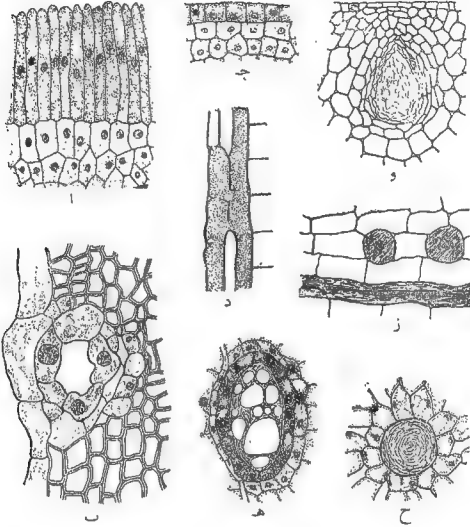
الأجهزة في هذه الصورة تكون من الوجهة الشكلية شاملة جدا أو غير محدودة ، أى تكون غير شكلية . فالجهاز البشرى يضم أحيانا طبقة تحت البشرة كما يضم أنسجة قشرية أخرى ، وحتى البريديرم، ويضم الجهاز الأساسى القشرة والبريسكيل والنخاع . وتميز هذه الأنسجة ذو قيمة من الناحية الطوبوغرافية البحتة ، ويفيد بوجه خاص فى شرح الأنسجة الانشائية . وفى الأعضاء الحديثة ، يتركب الجهاز البشرى من منسجى البشرة (أو البشرة الأولية) فقط ، ويتكون الجهاز الوعائى من الكميوم الأولى وعناصر الخشب واللحاء التى تكونت مبكرا ، ويتكون الجهاز الأساسى من المرستيم الأساسى ، أى كل الأنسجة المتبقية التى تكون فى هذه المرحلة قد تميزت تميزا طفيفا أو لم تميز على الإطلاق . وتكون هذه فى جسم النبات الابتدائى الناضج . البشرة ، والأنسجة الوعائية ، والقشرة ، والبريسكيل ، والنخاع ، والنسيج الوسطى على التوالى .

وبشرة والجهاز الوعائى جهازان نسيجيان ، على درجة من التماسق والتواصل فى التركيب ، وعلى درجة من المثابرة فى تأدية الوظيفة ، بحيث يكونان فى جسم النبات صورا تركيبية ضخمة وهامة . « والجهاز البشرى » — اذا استعملت لتغطية البشرة فقط — و « الجهاز الوعائى » مصطلحان مناسبان وقيمان . ويضم « جهاز النسيج الأساسى » الأجزاء غير المتجانسة المتبقية .

النسيج الافرازى

يقصد « بالنسيج الافرازى » كل الخلايا المختصة مباشرة بافراز الأصماغ ، والمواد الراتنجية ، والزيوت العطرية ، والرحيق ، والمواد المائلة . ويعد هذا التصنيف تصنيفا فسيولوجيا بحتا ، اذ أن الخلايا والأنسجة الافرازية ليست فى الغالب مشتركة المنشأ أو متواصلة من الجهة الشكلية . والخلايا الافرازية كثيرا ما تكون منزلة عن غيرها من الخلايا المائلة ، ومطورة فى النخاع أو الخشب أو اللحاء أو القشرة أو أية منطقة أخرى . وعلى النقيض من ذلك ، قد تتجمع الخلايا الافرازية مكونة — من الناحية المورفولوجية البحتة — نسيجا . وفى بعض الأحيان تكون هذه الخلايا تركيبيا افرازيا متعضيا محمدا ، أو غدة .

الخلايا الافرازية : يمكن تقسيم الخلايا الافرازية بصفة عامة الى نوعين : اولهما ذلك الذى يخرج فيه الافراز المتكون من الخلية الافرازية ، كما فى الشعيرات



(شكل ٥٥)

النسيج الافرازى (١) قطاع فى سطح الغدة الرحيقية لنبات بنت القنصل^(١) ، (ب) قطاع عرضى فى قناة رائحية فى احد انواع جنس الصنوبر^(٢) ، (ج) قطاع فى غدة رحيقية زهرية فى نبات التفاح (د) ، وعاء لبنى من جنس تراجوبوجون^(٣) ، وفيه امتصاص الجذر المستعرضة ما يزال مستمرا ، (هـ) قطاع عرضى فى قناة زيتية فى ثمرة حديدية من احد انواع جنس انجليكا^(٤) (حشيشة الملاك) (و) قطاع فى فراغ ريش القراشى فى قشرة ثمرة احد انواع جنس الموالح^(٥) (الحمضيات) (ز) خلايا لبنية من قشرة احد انواع جنس السوسب^(٦) ، (ح) خلية افرازية فى حشفة برعمية من جنس ليوبودندرون (د ، د) (من سكوت)

Pinus strobus (٢)
Angelica atropurpurea (٤)
Euphorbia splendens (٦)

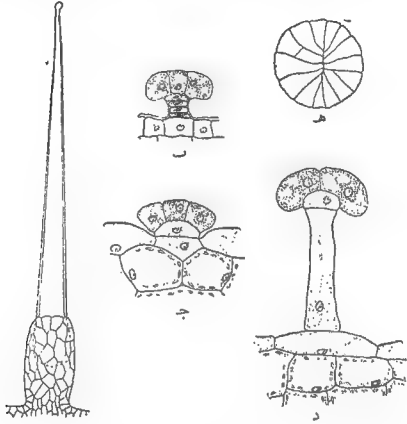
Euphorbia pulcherrima (١)
Tragopogon (٣)
Citrus sinensis (٥)

والزيتية، أما الآخر فهو ذلك الذى يحتفظ بالافراز المتكون داخل الخلية الافرازية. وكثيرا ما يطلق على النوع الأول خلايا اخراجية . ويتميز هذا النوع من الخلايا عادة ببروتوبلاست يحتوى على سيتوبلازم شديد التجب ونواة ظاهرة (شكلا ٥٥ ا، ب، ج، هـ و ٥٦ ب، ج، د) ، أما الخلية الافرازية فكبيرة غالبا ، سيتوبلازمها غير ظاهر ، وفراغها كبير ممتلىء بالافراز (شكل ٥٥ ح) . ويحتوى هذا النوع من الخلايا فى النباتات المختلفة ، على كثير من المواد المتنوعة ، كالزيوت الغدية والأسطح الافرازية ، كالغدد الرحيقة والطبقة الطلائية فى القنوات الراتنجية العطرية فى أجناس الليربودندرون والسافراس^(١) والزنجبيل^(٢) ، والمواد المخاطية فى كثير من السراخس . والشعيرات الغدية غالبا ما يكون تخصصها دقيقا يرتبط بالوظائف التى تؤدىها . مثل الشعيرات اللاسعة فى جنس الحريق^(٣) (شكل ٥٦) . هذه الشعيرات المتخصصة تكون فى الغالب متعددة الخلايا .

الغدد : تتشكل الخلايا الافرازية عادة فى تراكيب افرازية خاصة يطلق عليها عادة الغدد . ويستعمل أيضا مصطلح « الغدة » بصورة غير دقيقة للدلالة على التراكيب الافرازية من أى نوع ، متضمنة تلك التى توجد فى جميع مراحل التعقيد فى النضج من الخلية الافرازية المنفردة الى التراكيب الأكثر تعقيدا . وتختلف الغدد من حيث الوظيفة التى تؤدىها ، الا أنه من بين الأنواع الأكثر شيوعا تلك التى تفرز الانزيمات الهاضمة وتعرف بالغدد الهضمية ، وتلك التى تفرز الرحيق وتعرف بالغدد الرحيقية (شكل ١٥٥ ا، ج) . وتوجد طرز أخرى من الغدد هى الأجهزة الدموية ، والقنوات الراتنجية ، والقنوات الزيتية ، والقنوات اللبنية . وقد يكون للغدد أو القنوات تجاويف مركزية تختزن فيها الافرازات أو تستقل خلالها . والتجاويف اما أن تكون انفصالية (الفصل الثانى) ، مثل القنوات الراتنجية فى الصنوبر (شكل ٥٥ ب) ، أو انقراضية مثل الأكياس الزيتية فى قشرة ثمار الحمضيات — الموالح — (شكل ٥٥) .

الغدد الهضمية : فى الغالبية العظمى — من النباتات ، لا يقتصر افراز الانزيمات على خلايا أو أنسجة خاصة ، بل هو صفة من صفات معظم الخلايا الحية . غير أنه فى نباتات معينة تعرف « بأكلة الحشرات » و « أكلة اللحوم » ، توجد غدد

خاصة تفرز الانزيمات الهاضمة للبروتين ، وتؤثر هذه الانزيمات على الحشرات أو غيرها من الكائنات الحية ، بحيث يستطيع النبات أن يمتص نواتج الهضم .



(شكل ٥٦)

الشعيرات الافرازية (١) شعيرة لاسعة من نوع من جنس الحريق^(١) ، (ب) شعيرة غدنية من مبيض احد انواع جنس جايلوساكيا^(٢) ، (ج ، د) نوعان من الشعيرات الغدية من ورقة من جنس بنجويكيولا^(٣) (حشيشة الدهن) (هـ) منظر قصى للشكل (د) (مقياس الرسم في (١) اصغر كثيرا من مقياس الرسم المستخدم في الحالات الاخرى)

ويوجد النسيج الافرازي في جنس دروسيرا^(٤) عند قمم الشعيرات أو الزوائد الورقية ، وهي تراكيب تساعد أيضا في اقتناص الحشرات . وتفرز في هذه الحالة — بالإضافة الى الانزيمات الهاضمة — مواد لزجة تلتصق بها الحشرات . وفي نباتات أخرى كجنس نبش^(٥) وسراسينيا^(٦) اللذين يحتويان بطبيعتهما على

Gaylussacia baccata (١)

Drosera (٢)

Sarracenia (٣)

Urtica gracilis (١)

Pinguicula (٢)

Nepenthes (٥)

مصائد ، تشبه القدور ، ممثلة جزئيا بسائل ، تكون الغدد جالسة ، وتفرز انزيمات في السائل ، الذى تمتص منه نواتج الهضم . وفي بعض الأجناس الأخرى مثل خناق الذباب ^(١) (ديونيا) و بنجوكيولا ^(٢) (شكل ٥٦ ج ، د) لا تشط الغدد ، الا عندما تستحث بلامستها لمادة حيوانية . وتوجد في أجنة بعض البذور طرز من الأنسجة الغدية أقل من هذا الطراز ، غير أن مثل هذا النسيج لا يتميز عادة بوضوح .

الغدد الحقيقية : ينتج الكثير من النباتات الحشرية التلقيح حقيقا يجذب الحشرات . وتفرز هذه المادة خلايا متخصصة ، توجد اما على الأجزاء الزهرية نفسها أو — وهذا نادر — على القنابات أو غيرها من التراكيب خارج الزهرة . ويكون افراز الرحيق في العادة من خلايا بشرية متخصصة ، تغطى مناطق معينة من الزهرة ، أكثر مما يكون من أعضاء دقيقة مهياة للافراز فقط . على أنه توجد في بعض الفصائل كالفصيلة السوسية ^(٣) تراكيب معددة دقيقة . وفي الغدد الحقيقية الأقل تخصصا تكون الخلايا الافرازية في الأجزاء الزهرية سطحية ، وتشبه في معظم النباتات خلايا البشرة الأخرى في المنطقة ، الى حد كبير ، الا أنها تفتقر الى الأدمة (شكل ٥٥ ج) . وفي بعض الأحيان تتميز الخلايا الافرازية عما حولها من خلايا البشرة ، باتخاذها شكلا عماديا أو حلليا ، وباحتوائها على سيتوبلازم أكثر كثافة . ويرشح الرحيق خلال الجدار ويظهر على السطح الخارجى للغدة الحقيقية . والخلايا الافرازية في سطوح المياسم ، ذات طبيعة مماثلة لتلك التى توجد في الغدد الحقيقية ، وان كانت في أغلب الأحيان غير واضحة التميز عن خلايا البشرة العادية .

والغدد الحقيقية الحاجزية ، في كثير من أزهار ذوات الفلقة الواحدة ، هى عبارة عن جيوب في الجدر الحاجزية للمبايض المتحدة الكرابل ، حيث يكون الاتحاد غير تام وخلايا البشرة غدبة . وقد تكون هذه الغدد بسيطة ، أو تكون عبارة عن تجاويف تشبه الشق ، أو جيوب عميقة ذوات مسالك قنوية الشكل تصل الى سطح المبيض .

الأجهزة الدمعية : توجد في كثير من النباتات مناطق متحورة التركيب ، يخرج منها الماء في الظروف التى يكون فيها النتح قليلا ، ورطوبة التربة عالية . وتعرف هذه المناطق بالأجهزة الدمعية ، ويطلق عليها أحيانا الفتحات المائية أو الثغور المائية . وتعتبر الأجهزة الدمعية من الوجهة الشكلية ، ثغورا كبيرة تقوم بإفراز الماء . أما من الوجهة التركيبية فقد تشبه الثغور تماما ، إلا أنها تكون في العادة على درجة عالية من التخصص التركيبى . وهذه التراكيب لا « تفرز » السائل بل تهيم الفتحات التى يتسرب خلالها وتنظمها فقط . وتوجد الثغور الدمعية عادة عند أطراف الأوراق ، كما فى النجيليات ، وعند قمم الأسنان فى حواف الأوراق ، وفى أماكن أخرى ، وأكثر ما توجد فى نباتات البساتين الرطبة .

القنوات الراتنجية والزيتية والصمغية : توجد فى غاريات البذور بوجه عام ، وفى كثير من فصائل كاسيات البذور ، مواد راتنجية ، وزيتية ، وصمغية ، ومواد أخرى تفرز فى قنوات وتنقل خلالها . وفى بعض النباتات ، كالصنوبر ، قد تكون هذه الأنابيب أو القنوات أجهزة بالغة الطول تمتد فى كلا الاتجاهين الرأسى والافقى . وفى نباتات أخرى قد تكون الأنابيب موضعية محدودة الاتساع ، كما فى ثمار الفصيلة الخيمية^(١) . والقنوات الراتنجية فى جنس الصنوبر والأجناس الوثيقة الصلة به ذات طبيعة انفصالية . وعند نضجها تكون أنبوية التركيب ، تبطنها طبقة طلائية (شكل ٥٥ ب ، هـ) . وتشبه هذه القنوات فى طبيعتها القنوات الزيتية فى الفصيلة الخيمية (شكل ٥٥ هـ) . والخلايا الإفرازية التى تبطن هذه التجاويف هى خلايا برنشيمية رقيقة الجدر ، كثيفة البرتوبلازم . وهذه الخلايا تكون بوجه عام مستطيلة فى الاتجاه الطولى ، تمتد موازية للمحور الطولى للقناة . والمواد المفرزة متنوعة فى طبيعتها ، وفى بعض النباتات — مثل المواد الراتنجية فى جنس الصنوبر والأجاث^(٢) (صنغ الكاورى) ، وبعض الزيوت العطرية — تكون ذات أهمية اقتصادية كبيرة .

وثمة نوع آخر من الغدد ، هو ذلك الموجود فى قشرة ثمار الحمضيات — الموالح — (شكل ٥٥ هـ) . وتوجد فى هذه الحالة فجوة اقراضية ، مملئة بالزيت العطرى ، ومواد أخرى ، تكونت نتيجة تحلل الخلايا ، وكافرازات محدودة

تكونت قبل انقراض الأنسجة . على أن مصدر هذا الافراز ليس معروفا على وجه الدقة . وتعتبر هذه الغدد مصدر الزيوت العطرية في الليمون والبرتقال .

القنوات اللبنية : يوجد اللبن النباتي ، في عدد كبير من فصائل كاسيات البذور . وتبدو هذه المادة كسائل أبيض أو أصفر أو ضارب الى الحمرة ، وهو لزج قليلا في بعض الأحيان ، وهو عبارة عن مستحلب من البروتين ، والسكريات والأصباغ ، والقلوانيات ، والانزيمات ، والمطاط ، ومواد أخرى معلقة في وسط مائي سائل . وقد توجد به حبيبات نشوية كثيرة . أما وظيفة اللبن النباتي فغير معروفة على وجه التحديد . ومن الواضح أنه يفرز بوساطة الخلايا التي تحتوي عليه ، كما أنه ينتقل خلالها الى سائر أجزاء جسم النبات . واللبن النباتي في بعض النباتات يكون على درجة كبيرة من الأهمية وعلى الأخص كمصدر للمطاط (جنسا هفيا^(١) وفيكس^(٢) ، الخ) ، والعلك (جنس السبوت^(٣)) ، والباين (جنس الباباز^(٤)) ، وغيرها من المواد . والقنوات اللبنية على نوعين - نوع يعرف بالقنوات اللبنية غير المفصلية ، أو الخلايا اللبنية ، ويعرف الآخر بالقنوات اللبنية المفصلية أو الأوعية اللبنية . وتشابه وظيفة هذين النوعين من القنوات ومحتوياتهما الى حد كبير ، الا أن طبيعتهما الشكلية وتكوينهما مختلفان .

القنوات اللبنية غير المفصلية : هذه القنوات عبارة عن خلايا منفردة ، امتدت على هيئة تراكيب متشعبة . لمسافات طويلة ، خلال جسم النبات (شكل ٥٧) . والجذر ملساء غليظة غالبا ، ويحتوى السيتوبلازم على عدد كبير من النوى . وتنشأ هذه القنوات كخلايا انشائية صغيرة توجد بين الخلايا الأخرى للنسيج الانشائي الأولى . وتستطيل هذه الخلايا بسرعة ، وتستمر أطرافها في النمو مع المرستيم المحيط ، متغلغلة بين الخلايا الجديدة . وهى تتفرع وتمتد خلال جميع أنسجة النبات ، وقد تمتد في بعض الأجناس (جنس كربتوسيجا^(٥)) خلال الخشب الثانوى . وعلى الرغم من أن فروع خلية ما قد تلتقى بفروع خلية أخرى ، فإنه لا يحدث بينها تشابك على الإطلاق .

Ficus (٧)

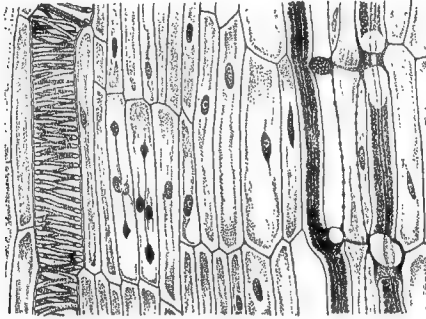
Hevea (٧)

Carica (٨)

Achras (٧)

Cryptostegia (٩)

ويعرف من هذه القنوات غير المفصلة نوعان تتركز الاختلافات بينهما في العدد بالنسبة للنبات الواحد ، ومكان نشأتهما ، ومقدار امتدادهما في جسم النبات أكثر مما هي عليه في التركيب والوظيفة . ففي أحد الطرازين تنشأ الخلايا مرة واحدة داخل الجنين ويكون عددها قليلا . وتأخذ هذه الخلايا القليلة في الامتداد مع الأنسجة الانشائية ، وتتشعب خلال النبات كله . وتوجد قنوات هذا النوع في



(شكل ٥٧)

تطاع نظرى مار خلال منطقة الكميوم النسي ، في جدر أحد أنواع الهندباء البرى (١) . ويوجد الى اليسار وهاء سلمى بالغ من الخشب الاول ، جدره الطرفية المستعرضة ذات لقوب بسيطة ، وفي الوسط ، يوجد الكميوم ومشتقاته الحديثة ، والانقسام الخلوى في التنتين من خلاياه غير كامل ، والفراجيولاسات (٢) البلاستيدات الحاجزية متجهة ناحية الجدر الطرفية ، والى اليمين ، يوجد لعاء بالغ يتركب من انابيب غربالية ، وقنوات لبنية مفصلية (مركبة) ، وبرنشيما اختزائية .
(من ارشويجر وماله جوير)

الفصلية العشارية (٣) ، ومعظم نباتات الفصيلتين الأوسينية (٤) والسوسية (٥) ، وغيرها من الفصائل الأخرى . أما قنوات الطراز الآخر فتنشأ مرارا في الأنسجة الانشائية . وتتشعب في الأنسجة الملاصقة ، الا أن نموها يكون محصورا في سلامة

fragmoplastids (١)

Apocynaceae (٤)

Taraxacum (١)

Asclepiadaceae (٣)

Euphorbiaceae (٥)

واحدة ، وفي الورقة والفرع المتصلين بها . وتوجد قنوات هذا الطراز في فعيلة الحريق وبعض نباتات الفصيلة الأبوسينية (جنس الونكة^(١)) .

القنوات اللبنة المفصيلة : وتنشأ هذه القنوات في الأنسجة الانشائية ، من الخلايا بذوبان الجدر الفاصلة بينها ، كليا أو جزئيا ، في المراحل الأولى من تكوين الخلايا . ونتيجة لاستمرار تفرع هذه القنوات ، وكثرة تشابكها ، يتكون جهاز على درجة كبيرة من التعقيد . وتشبه قناة هذا الطراز الوعاء الخشبي من حيث أنها تتكون من صف من الخلايا اتحدت لتكون أنبوبة بذوبان الجدر ، إلا أن الأنبوبة اللبنة تكون حية وغير مجزأة . ويوجد هذا النوع من القنوات في الفصيلة الخشخاشية^(٢) (نبات الخشخاش^(٣)) ، وفصيلة الباباز^(٤) (نبات الباباز) ، والفصيلة المركبة (نبات هندباء البر^(٥)) ، والفصيلة الموزية (الموز) و جنس الهفيا (شجرة المطاط البرازيلية) .

المراجع — REFERENCES

- See also Chaps V, VII, and VIII for references to vascular tissues.)
 ABBE, 'L. B., AND A. S. CRAFTS: Phloem of white pine and other coniferous species, *Bot. Gaz.*, **100**, 695-722, 1939.
 ALEXANDROV, W. G. AND K. J. ABESSADYR; Ueber die Struktur der Seitenwände der Siebröhren, *Planta*, **3**, 77-89, 1927.
 ANDERSON, D. B.: A microchemical study of the structure and development of the flax fibers, *Amer. Jour. Bot.*, **14**, 187-211, 1927.
 ARTSCHWAGER, E. F.: Anatomy of the vegetative organs of the sugar beet, *Jour. Agr. Res.*, **33**, 143-176, 1926.
 —: Contribution to the morphology and anatomy of guayule (*Parthenium argentatum*), *U.S.D.A. Tech. Bull.* 842, 1-33, 1943.

Papavaraceae (١)

Caricaceae (٤)

Vinca (١)

poppy (٣)

dandelion (٥)

- : Contribution to the morphology and anatomy of *Cryptostegia* (*Cryptoslegia grandiflora*), *U.S.D.A. Tech. Bull.* 915, 1946.
- , AND R. C. MCGUIRE : Contribution to the morphology and anatomy of the Russian dandelion (*Taraxacum kok-saghyz*), *U.S.D.A. Tech. Bull.* 813, 1943.
- BAILEY, I. W. : The effect of the structure of wood upon its permeability, 1. *Amer. Ry. Assoc. Bull.* 174, 1915.
- : The structure of the bordered pits of conifers and its bearing on the tension hypothesis of the ascent of sap in plants, *Bot. Gaz.*, 62, 133-142, 1916.
- : The problem of differentiating and classifying tracheids, fiber-tracheids, and libriform wood fibers, *Trop. Woods*, 45, 18-23, 1936.
- : The development of vessels in angiosperms and its significance in morphological research, *Amer Jour. Bot.*, 31, 421-428, 1944.
- BARANETZKI, J. : Épaississement des parois des éléments parenchymateux, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., 4, 134-201, 1886.
- BEAUREGARD, H. : "Des Organes glandulaires des végétaux," 108 p. Paris, 1879.
- BEHRENS, W. J. : Die Nectarien der Bluthen, *Flora*, 37, 2-11, 17-27, 49-54, 81-90, 113-128, 145-153, 233-240, 241-247, 305-314, 369-375, 433-457, 1879.
- BLASER H. W. : Anatomy of *Cryptostegia grandiflora* with special reference to the latex system, *Amer. Jour. Bot.*, 32, 135-141, 1945.
- BONNIER, G. : "Les Nectaires," Bibliothèque de l'Académie de Médecine, Paris 1879.
- CHEADLE, V. I. : The occurrence and types of vessels in the various organs of the plant in the Monocotyledoneae, *Amer. Jour. Bot.*, 29, 441-450, 1942.
- : The origin and certain trends of specialization of the vessel in the Monocotyledoneae, *Amer. Jour. Bot.*, 30, 11-17, 1943.
- : Vessel specialization in the late metaxylem of the various organs in the Monocotyledoneae, *Amer. Jour. Bot.*, 30, 484-490, 1943.
- : Specialization of vessels within the xylem of each organ in the Monocotyledoneae, *Amer. Jour. Bot.*, 31, 81-92, 1944.
- : AND N. B. WHITFORD : Observations on the phloem in the Monocotyledoneae. I. The occurrence and phylogenetic specialization in structure of the sieve tubes in the metaphloem, *Amer. Jour. Bot.*, 28, 623-627, 1941.

- DANGEARD, P. A. : Essai sur l'anatomie comparée du liber interne dans quelques familles de dicotylédones. *Le Botaniste*, 17, 225-364, 1926.
- ESAU, K. : Ontogeny of phloem in the sugar beet (*Beta vulgaris*), *Amer. Jour. Bot.* 21, 632-644, 1934.
- : Ontogeny and structure of collenchyma and of vascular tissues in celery petioles, *Hilgardia*, 10, 431-467, 1936.
- : Vessel development in celery, *Hilgardia*, 10, 479-488, 1936.
- : Ontogeny and structure of the phloem of tobacco, *Hilgardia*, 11, 343-406, 1938.
- : The multinucleate condition in fibers of tobacco, *Hilgardia*, 11, 427-434, 1938.
- : Development and structure of the phloem tissue, *Bot. Rev.*, 5, 373-432, 1939.
- AND W. B. HEWITT : Structure of end walls in differentiating vessels, *Hilgardia*, 13, 229-244, 1940.
- FOSTER, A. S. : Structure and development of sclereids in the petiole of *Camellia japonica* L., *Bull. Torrey Bot. Club*, 71, 302-326, 1944.
- : Origin and development of sclereids in the foliage of *Trochodendron aralioides* Sieb. and Zucc., *Amer. Jour. Bot.*, 32, 456-468, 1945.
- FREY-WYSSLING, A. : Saftergusses aus turgeszenten Kapillären, *Ber. Schweiz. Bot. Ges.*, 42, 254-283, 1933.
- FRITSCHÉ, E. : Recherches anatomiques sur le *Taraxacum vulgare* Schr., *Arch. Inst. Bot. Liège*, 5, 1-24, 1914.
- FROST, F. H. : Histology of the wood of angiosperms, I. The nature of the pitting between tracheary and parenchymatous elements, *Bull. Torrey Bot. Club*, 56, 259-263, 1929.
- : Specialization in secondary xylem of dicotyledons, I. Origin of vessel, *Bot. Gaz.*, 89, 67-94, 1930.
- : Specialization in secondary xylem of dicotyledons, II. Evolution, of end wall of vessel segment, *Bot. Gaz.*, 90, 198-212, 1930.
- : Specialization in secondary xylem of dicotyledons, III. Specialization of lateral wall of vessel segment, *Bot. Gaz.*, 91, 88-96, 1931.
- GAUCHER, L. : Du rôle des laticifères, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 8 sér., 12, 241-260, 1900.
- HANDLEY, W. R. C. : Some observations on the problem of vessel length determination in woody dicotyledons, *New Phyt.*, 35, 456-471, 1936.

- HILL, A. W. : The histology of the sieve tubes of angiosperms, *Ann. Bot.*, **22**, 245-290, 1908.
- HUBER, B. : Das Siebrohresystem unserer Bäume und seine jahreszeitlichen Veränderungen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **88**, 176-242, 1939.
- KROTKOV, G. : A review of literature on *Taraxacum kok-saghyz* Rod., *Bot. Rev.*, **11**, 417-461, 1945.
- LEBLOIS, A. : Recherches sur l'origine et le développement des canaux sécréteurs et des poches sécrétrices, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **6**, 247-330, 1887.
- LEHMANN, A. : Das Problem der Sekretzellen, *Planta*, **6**, 216-233, 1928.
- LÉGER, L. J. : Recherches sur l'origine et les transformations des éléments libériens, *Mém. Soc. Linn. Normandie*, **19**, 40-182, 1897.
- LEHMANN, C. : Studien über den Bau und die Entwicklungsgeschichte von Olzellen, *Planta*, **1**, 343-373, 1925.
- MACDANIELS, L. H. : The histology of the phloem in certain woody angiosperms, *Amer. Jour. Bot.*, **5**, 347-378, 1918.
- MARTINET, J. : Organes de sécrétion des végétaux, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 5 sér., **14**, 91-232, 1872.
- MAYBERRY, M. W. : Hydrocarbon secretions and internal secretory systems of the *Carduaceae*, *Ambrosiaceae*, and *Cichoriaceae*, *Bull. Univ. Kansas*, **37**, 71-112, 1936.
- MÜLLER, C. : Ein Beitrag zur Kenntnis der Formen des Collenchyms, *Ber. Deut. Bot. Ges.*, **8**, 150-166, 1890.
- PEIRCE, G. J. : Water and plant anatomy, *Proc. Calif. Acad. Sci.*, **25**, 215-220, 1944.
- RENDLE, B. J. : Gelatinous wood fibers, *Trop. Woods*, **52**, 11-19, 1937.
- SCHAFFSTEIN, G. : Untersuchungen an ungegliederten Milchröhren, *Beih. Bot. Centralbl.*, **49**, 197-220, 1932.
- SCOTT, D. H. : The development of articulated laticiferous vessels, *Quart. Jour. Micro. Sci.*, new ser., **22**, 136-153, 1882.
- SCOTT, F. M. : Differentiation in the spiral vessels of *Ricinus communis*, *Bot. Gaz.*, **99**, 69-79, 1937.
- SPEERLICH, A. : Das trophische Parenchym. B. Excretionsgewebe, In Linsbauer, K. : "Handbuch der Pflanzenanatomie," IV., 1939.
- STRUCKMEYER, B. E., AND R. H. ROBERTS : Phloem development and flowering, *Bot. Gaz.*, **100**, 600-606, 1939.

- TETLEY, U. : The secretory system of the roots of the Compositae, *New Phyt.*, **24**, 138-161, 1925.
- TOBLER, F. : Die mechanischen Elemente und des mechanische System, In Linsbauer, K. : "Handbuch der Pflanzenanatomie," IV, 1939.
- VESTAL, P. A. AND M. R. VESTAL : The formation of septa in the fiber-tracheids of *Hypericum Androsaemum* L., *Bot. Mus. Lfts.*, *Harvard Unto.*, **8**, 169-188, 1940.
- WILSON, C. L. : Lignification of mature phloem in herbaceous types, *Amer. Jour. Bot.*, 239-244, 1922.
- WORSDELL, W. C. : On "transfusion-tissue" : its origin and function in the leaves of gymnospermous plants, *Trans. Linn. Soc. Bot.*, 2 ser., **5**, 301-319, 1897.
- ZIMMERMAN, J. G. : Über die extrafloralen Nektarien der Angiospermen, dissertation, Dresden, 1932.

الفصل الخامس

الجسم الابتدائي

الأنسجة والأجهزة النسيجية الابتدائية

يتميز الجنين النامي للنبات الوعائي ، في وقت مبكر ، الى محاور وأطراف ثم يتميز المحور بعد ذلك بوقت قصير الى ساق وجذر ثم تنمو هذه الأجزاء بسرعة (باستثناء فترة السكون الخاصة بانبات البذور) حتى يتم نضجها . وتبقى قمم الجذر والساق مرستيمية ، أما الأطراف فتتضخ بأكملها اذ أن نموها محدود . ويستثنى من النمو المستمر للمحور ما يحدث مثلا في الأزهار والأشواك والجذور المتخصصة ولكن عادة يكون النمو القمي غير محدود وبوساطة هذا النمو تزداد الساق والجذر في الطول كما تضاف كذلك التراكيب الجانبية كالأطراف وأفرع الساق أما أفرع الجذر فتتنمو بطريقة أخرى (انظر الفصل العاشر) . وتتكون الجذور والسوق العرضية دائما من أنسجة مرستيمية جديدة تظهر في الأنسجة الدائمة .

وتقوم الأنسجة المرستيمية القمية ، ببناء الأجزاء الجديدة من الساق والجذر ، وتكوين الأطراف ، وعبور الزمن تصبح هذه الأجزاء الجديدة لجسم النبات كاملة ، من حيث تركيبها ومن حيث أداؤها لوظيفتها ، على الأقل مؤقتا ، وتكون « جسم النبات الابتدائي » أما الأنسجة الثانوية التي تكون جسم النبات الثانوى ، فتضاف بعد ذلك . وتعتبر هذه الأنسجة الأخيرة اضافة فقط ، اذ أنها تحمل محل بعض الأنسجة الابتدائية أو تدعما تركيبيا أو فسيولوجيا ، فهذه الأنسجة الثانوية اما أنها تزيد من حجم الأنسجة الابتدائية الموجودة ، كما في حالتى الخشب واللحاء أو أنها تضيف نوعا جديدا من الأنسجة ، يستطيع أن يقوم مقام نسيج ابتدائي ، مختلف عنه في النوع ، كما في حالة الفلين .

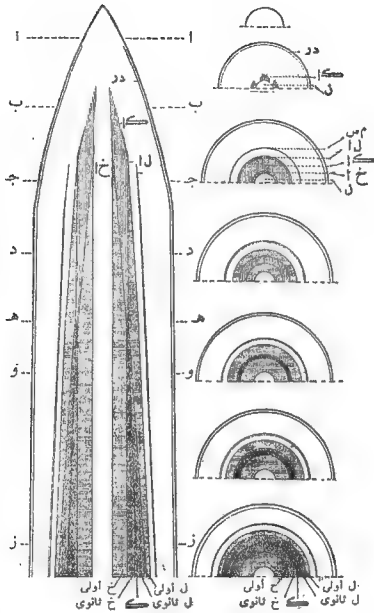
فالجسم الابتدائي ، هو الوحدة الشكلية الأساسية ، أما تكوين الجسم الثانوى فلا يغير التركيب الشكلى ، ولكنه قد يحجبه الى حد ما . فعندما يتم النمو

الابتدائي تكون قد تكونت جميع الأجزاء والأنسجة الأساسية لجسم النبات ، ففى المحور تتكون الأسطوانة المركزية بما فيها من خشب ولحاء ونخاع وبرسيسكل ، واندودرمس ، وتتكون أيضا القشرة والبشرة ، ويوجد فى الورقة مثل هذه المناطق والأنسجة . وتختلف هذه الأجزاء اختلافا بينا من نبات لآخر ومن جزء الى آخر فى نفس النبات . فمثلا تترتب الأنسجة الوعائية للأسطوانة المركزية فى نبات ما بطريقة تختلف كلية عنها فى نبات آخر ، كما أنها تختلف فى عقدة ما عنها فى السلامة المجاورة لها . هذه التغيرات فى التراكيب الكبيرة ستعالج فى فصل قادم ولكن تقتصر الدراسة الحالية فى هذا الفصل على الصفات التشريحية والنسيجية للمناطق والأنسجة الابتدائية .

التطور التكويني للمحور (١):

تقع الخلايا القمية وهى الخلايا المنشئة الدائمة عند أو قرب طرف المحور وتقوم هذه الخلايا بتكوين منشئات المناطق الأخرى كلها (شكل ٥٨) وهذه الخلايا القمية متشابهة الى حد كبير من عدة وجوه وتكون منطقة يكاد لا يبدو فيها أى تباين نسيجي وتسمى المرستيم البدائي (راجع الفصل الثالث) انظر شكل ٥٨ - ١ وتنفير خلايا النسيج الأولى كلما تقدمت بها السن فى الشكل والحجم وغلظ الجدر ، وذلك تبعا لنوع الخلايا التى تنتجها منها . وبهذه الخطوة ينتقل المرستيم الأولى الى مرستيم آخر ، يمتاز بظهور بعض التباين الخلوى ويتحول هذا المرستيم الأخير بعد ذلك الى النسيج المستديم ، وبذلك يمكن اذا تتبعنا نمو أية مجموعة من الخلايا فاننا نجد انها تمر بهذه المراحل المختلفة ، ولما كان المحور ينمو نموا قويا ، وتتكون باستمرار أجزاؤه التركيبية المختلفة فان المراحل المتعاقبة التى تمر بها أية مجموعة من الخلايا بمرور الزمن تظهر على أبعاد متدرجة من القمة . وتعبير آخر ، فانه يمكن تتبع التطور ، الذى يمر به أى جزء من أجزاء المحور ، منذ نشأته حتى تمام نموه ، وذلك بتتبع المراحل المختلفة المتدرجة مبتدئين من القمة (ولا تتطوى الاختلافات فى تركيب العقيد والسلاميات تحت هذا الاعتبار) ويبدو واضحا من هذا أن مجموعة متتابعة من القطاعات العرضية فى المحور مبتدئة من القمة تدريجيا يمكنها أن تعطى صورة للتطور الذى يمر به القطاع العرضى للمحور ويبدو فى شكل ٥٨ سلسلة متتالية من هذه القطاعات ، كما يظهر

(١) يحتوى الفصل الثالث على دراسة أكثر تفصيلا للمراحل الأولى لنشأة المحور .



(شكل ٥٨)

اشكال تخطيطية تبين نمو الساق (مع حذف منشآت الاوراق والمسبرات والفراغات الورقية والتباين المتدني) : (ا) قطاع طولى في قمة محور نام . (ب) قطاعات عرضية في المحور عند المستويات ١ - ا ، ١ - ب ، ١ - ج ، ١ - د ، ١ - هـ ، ١ - و ، ١ - ز . (ج) قطاع عرضي في قمة محور نام . (د) قطاع عرضي في قمة محور نام . (هـ) قطاع عرضي في قمة محور نام . (و) قطاع عرضي في قمة محور نام . (ز) قطاع عرضي في قمة محور نام .

البشرة (ش) والكبيوم الأولي (ك ا) والنخاع (ن) في مراحل نموها الأولى . وعند ج - ج يكون الكبيوم الأولي اسطوانة كاملة وتحول الاجزاء الخارجية منه الى لحاء أول (ل ا) والداخلية الى خشب أول (خ ا) وتظهر الاندودرمس (م) وعند د - د ينقص الكبيوم الأولي اذ تحول اجزاء كبيرة منه الى خشب ولحاء . وعند هـ - هـ تحول الطبقة المتبقية من الكبيوم الأولي الى كبيوم وتكون أول خلايا من اللحاء الثانوي (ل ث) والخشب الثانوي (خ ث) وعند و - و تزداد كمية الأنسجة الثانوية وينقص اللحاء الابتدائي (ل ا) بالتفتت ويتحرك الكبيوم للخارج وعند ز - ز يحدث نمو ثانوي جديد

في نفس الشكل أيضا قطاع طولى يوضح التدرج المنتظم في ظهور الأنسجة المختلفة وتنام نموها . ولكي يمكن ادراك التركيب الابتدائي لابد من فهم كيفية ظهور الأنسجة المختلفة ونضجها مع مرور الزمن ، كما أن الظهور التدريجي المنظم واضح في القطاع الطولى للقمة النامية للمحور والظاهر في نفس الشكل .

ولا تتم عملية التحول ، من الحالة المرستيمية الى الحالة المستديمة ، في أى مستوى من مستويات المحور في وقت واحد ، بمعنى أن الأنسجة المرستيمية قد تتداخل مع الأنسجة المستديمة وتوجدان معا في مستوى واحد ، فمثلا في شكل ٥٨ ج - ج يبدو النخاع وجزء من الأنسجة الوعائية ، وقد تم نضجها في حين أن الخلايا المجاورة لها والمحيط بها ما زالت في طور الكمبيوم الأولى والمرستيم الأولى ، لم تتضح بعد . كما قد يحدث ألا يتم النمو الابتدائي لجزء ما من المحور قبل بدء النمو الثانوى ، وبذلك تتراكم مراحل النمو وعلى هذا الأساس ، لا يمكن وضع حدود فاصلة للمرستيم الأولى أو القمم الابتدائية بل يمكن فقط تحديدها بالتقريب .

وتكون معظم الأنسجة في الأطراف ابتدائية ، وقد تكون كلها ابتدائية في الأوراق ، الا أن العروق الكبيرة كثيرا ما تحتوى على أنسجة ثانوية (دراسة التطور التكويني للورقة بالفصل الثانى عشر) .

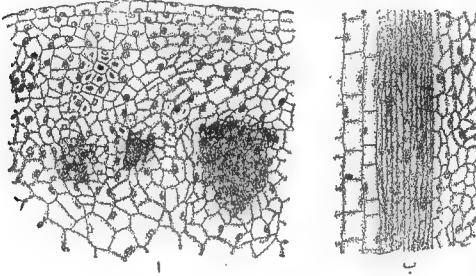
النسيج الوعائى الابتدائى

الكمبيوم الأولى :

عند تميز المحور والورقة من النسيج المرستيمى الأولى ، تتكون طبقة خارجية من صف واحد من الخلايا ، وظهور هذه الطبقة هو أول علامة لتعمد التركيب في العضو البالغ . ولكن الخلايا الأولى التى يتم نضجها سواء في الورقة أو في المحور تنتمى الى النسيج الوعائى . ففي المرستيم الأولى الذى يتكون من خلايا متساوية الأبعاد ومتشابهة تماما ، تتكون أشرطة من خلايا مستطيلة ضيقة ، تحتوى على سيتوبلازم كثيف ، وذلك عن طريق انقسامات طويلة مستمرة وهذه الأشرطة المرستيمية تكون اللحاء الابتدائى والخشب الابتدائى وتسمى الكمبيوم الأولى^(١)

(١) وقد استعمل حديثا التعبيران « النسيج الوعائى الأولى » ، « المرستيم الوعائى الأولى » بدلا من « الكمبيوم الأولى » .

(ويستعمل التعبير « الكميوم الأولي » هنا ليدل على النسيج المرستيمي الذي يكون الوحدات الوعائية المورفولوجية ، ولا يطلق على أى خلايا مرستيمية طويلة تشبه الكميوم في شكلها) . ويحدد شكل وترتيب أشرطة الكميوم الأولي تركيب الهيكل الوعائي الابتدائي . ويظهر الكميوم الأولي كأشرطة منعزلة عادة ، على بعد بضعة ميكرو ملليمترات من قمة الساق أو الجذر . ونظرا لأن النمو هنا قمي - قاعدي ، فإن هذه الأشرطة تتصل بالأشرطة الأكبر سنا ثم بالأسجة الوعائية البالغة في المناطق البالغة .



(شكل ٥٩)

قطاع عرضي وقطاع طولي في قمة ساق الكتان يبينان الكميوم الأولي ويلاحظ أن خلايا الكميوم الأولي مهيبة في القطر ولكنها مستطيلة وبها سيتوبلازم أكثر غزارة منه في الخلايا المجاورة (ويظهر في المرحلة المبينة هنا أن خلايا النخاع قد كبرت في الحجم ولم تعد مرستيمية)

وتزداد أشرطة الكميوم الأولي في الغلط ، نتيجة للانقسام في الخلايا داخلها ، وأيضا لتكوين خلايا جديدة على حدودها ، بواسطة تحول بعض الخلايا المرستيمية المجاورة ، وقد تظهر بعض الأشرطة الأخرى في مواضع أخرى من المرستيم الأولي وقد تزداد هذه الأشرطة في الحجم ، حتى تلتحم بعضها أو كلها ، وتتكون بذلك أسطوانة جوفاء أو عمود مركزي أصم ، وبذلك يتخذ في النهاية هيكل الكميوم الأولي شكل الهيكل الوعائي لتلك المنطقة من جسم النبات . ولا تكون مجموعة الكميوم الأولي في أى وقت من الأوقات كلها مرستيمية وذلك لأن الخلايا الأكبر سنا منها ، تتحول مباشرة الى خلايا لحاء أو خلايا خشب قبل أن تظهر الخلايا الحديثة من الكميوم الأولي بزمن طويل .

ولما كانت هذه الخلايا تتكون على شكل شريط ، لذلك فانها تزداد في الطول الى حد كبير ، وتصبح نهاياتها مذبذبة ، وترتبط الزيادة في الطول مع درجة استطالة المنطقة التي تقع فيها هذه الخلايا ، وبذلك يستطيع هذا النسيج أن يساير الزيادة في الأنسجة المجاورة مع حدوث بعض الانقسامات العرضية القليلة . كما أن الخلايا التي تنضج بعد ذلك يزداد حجمها عن سابقتها تدريجيا ، وتنعكس هذه التغيرات في طول وغلظ هذه الخلايا ، على حجم وشكل الخلايا الوعائية المتكونة منها ، فالعناصر الأولى من أنابيب غريالية وأوعية وقصبيات تكون قصيرة وغاية في النحافة ، في حين أن الخلايا التي تنضج بعد ذلك ، تزيد عنها في الطول والغلظ ، وإن لم يظهر هذا الفرق واضحا في الطول نتيجة لاستطالة الخلايا الأولى .

وبنمو الكميوم الأولى ، يزداد عضو النبات في الغلظ ، وتتضاعف خلايا المرستيم الأولى ، وتزداد في الحجم ، وبذلك تتغير أوضاع الأشرطة تبعا لذلك بالنسبة لبعضها البعض وبالنسبة لمركز عضو النبات كما أن تكون خلايا جديدة داخل الأشرطة يسبب تغير مواضع الخلايا ولا سيما الواقعة على حدود هذه الأشرطة ، ولذلك فإن خلايا الخشب وخلايا اللحاء التي تصل الى كمال النضج على الحواف الداخلية والخارجية للأشرطة النحيفة ، تتباعد — مع استمرار النمو — عن بعضها البعض ، كلما ازداد الشريط في الحجم (شكل ٦٠) وأول



(شكل ٦٠)

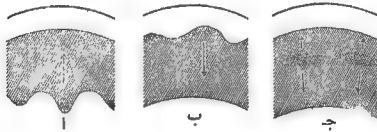
اشكال تخطيطية تبين مراحل تكوين اسطوانة الكميوم الأولى من المرستيم الأولى : (ا) ظهور اول كميوم أولى في المرستيم الأولى على شكل اشرطة . (ب) زيادة اشرطة الكميوم الأولى في الغلظ مقتربا الواحد من الآخر ، كما أن الأجزاء المسنة فيها (للخارج وللداخل) قد تحولت الى لحاء وخشب . (ج) اتحدت اشرطة الكميوم الأولى من الجوانب وتحول كمية أخرى من الكميوم الى لحاء وخشب . وفي المرحلة التالية يكون الكميوم الأولى قد تحول جميعه الى نسيج وعائي، مكونا اسطوانة وعائية ابتدائية

خلايا يتم نضجها في الشريط الحديث ، هي خلايا اللحاء ، تتبعها خلايا الخشب . وتقع خلايا اللحاء الأولى قريبا من قمة الساق أو الجذر ، على بعد بضعة ميكرونات وغالبا أقل من مليمتر واحد (شكل ٤٣) .

ويكون اتجاه النضج طوليا في خلايا اللحاء اتجاهها قويا قاعديا كنضج الكميوم الأولى ، ولكنه في الخشب قمي قاعدي وقاعدي قمي معا ، مبتدئا من نقطة أو أكثر . ويكون لنضج الشريط الكميومي الأولى اذا تتبناه في القطاع العرضي من التحديد والتناسق ما يجعله من المميزات الهامة للنسيج الوعائي الابتدائي . فنقط ابتداء تكون الخلايا وترتيب نموها تعتبران المميزات الثابتة لبعض أعضاء النبات بالنسبة للمجموعات النباتية الكبيرة . اذ تبلغ الخلايا الأولى للخشب واللحاء على الحواف الداخلية والخارجية للأشرطة وتتفصل قطريا بواسطة الكميوم الأولى في السوق والأوراق (شكل ٦٠) ومماسيا بواسطة المرستيم الأولى في الجذور . ويتدرج النضج من نقطة البدء قطريا وجانبيا في السوق والأوراق . أما في الجذور فيكون التدرج كله أو معظمه في الاتجاه القطري . وبعد أن تتم الخلايا الوعائية الأولى فضجها ينقسم المرستيم الأولى داخل الحزمة ، في اتجاهات تؤدي الى ترتيب الخلايا التي تتكون بعد ذلك في صفوف قطرية ، وهذا ما يحدث في الأعشاب والكروم والنباتات الخشبية لبعض الفصائل الراقية .

النمو للداخل والنمو للخارج :

يسمى النمو القطري للخلايا الوعائية البالغة في شريط كميومي أولى في اتجاه مركز المحور ، يسمى بالنمو للداخل (شكل ٦١ ب) ويسمى النمو عكس هذا الاتجاه بالنمو للخارج (شكل ٦١ ا) فنمو اللحاء ، أغلب الظن أن يكون دائما للخارج ، في حين أن نمو الخشب يكون أحيانا للخارج وأحيانا للداخل .



(شكل ٦١)

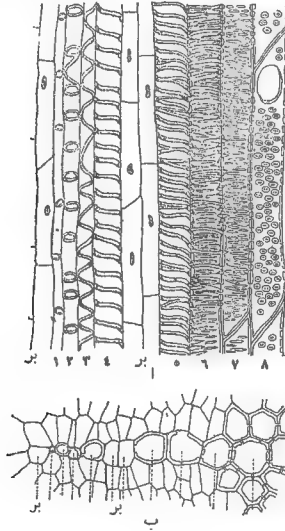
اشكال تخطيطية تبين اتجاه نمو النسيج الوعائي الابتدائي في قطاع عرضي لمغزو نبات (ا) للخارج (ب) - للداخل . (ج) للخارج وللداخل معا . وقد تبين هذه الاشكال ايضا أنواع الخشب من حيث اتجاه تكوينها أي : (ا) داخلي (ب) خارجي (ج) وسطي

وقد تقع الخلايا الأولى بالقرب من المركز وليست على حافة الكميوم الأولى وبذلك يكون النمو للداخل وللخارج أيضا . ففي حالة الخشب عندما يكون النمو للداخل يسمى الخشب المتكون « خشبا خارجيا » وتسمى المجموعة الخشبية في هذه الحالة « خارجية الخشب الأول » (شكل ٦١ ب) أما عندما يكون النمو للخارج يتكون « خشب داخلي » وتسمى المجموعة الخشبية في هذه الحالة « داخلية الخشب الأول » (شكل ٦١ ا) . وعندما يكون النمو في الاتجاهين للخارج وللداخل معا ، يفض النظر عن قلة الخشب المتكون في اتجاه عن الاتجاه الآخر ، يسمى الخشب « خشبا متوسطا » (شكل ٦١ ج) (ولا بد من اعتبار اتجاه النمو دائما بالنسبة لمركز المحور وليس لمركز الحزمة الوعائية) ويشير التعبيران « نمو للداخل » ، و « نمو للخارج » الى تسابع ظهور ونضج خلايا الكميوم الأولى في اتجاهات محددة ولا يعينان النمو في اتجاه تكون خلايا جديدة وتميز الخشب الى خارجي ، وداخلي ، ومتوسط ذو أهمية مورفولوجية وتطورية ذلك لأن كل نوع من هذه الأنواع يميز أعضاء معينة أو أجزاء من أعضاء بذاتها ، كما أنه ينحصر في توزيعه ، الى حد ما داخل المجموعات النباتية الكبيرة . فمثلا يكون الجذر دائما خارجي الخشب الأول ، والساق في النباتات البذرية داخلية الخشب الأول ، والمحور في الخزازيات الصولجانية وتريديات ذيل الحصان ، خارجي الخشب الأول ، أما الخشب المتوسط فشائع في السرخسيات ونادر فيما عدا ذلك .

العناصر الوعائية الأولى - اللحاء الأول والخشب الأول :

تعرف أول خلايا اللحاء التي تصل الى تمام النمو باللحاء الأول كما تعرف أول خلايا للخشب بالخشب الأول ، وتختلف هذه الخلايا ، من حيث نوعها ، ومن حيث الحجم والشكل ، اختلافا واضحا ، عن تلك الخلايا التي تتكون بعد ذلك في نفس النسيج ، فهي خلايا نحلة نتيجة للامتداد الذي تتعرض له ، كما أنها تختلف ، علاوة على ذلك في خلايا الخشب ، من حيث تركيب الجدار . وهذه الخلايا الأولى - اذ تتكون مبكرا جدا في مراحل التطور التكويني للنسيج الذي تنشأ فيه - فانها تتعرض للضغط والشد نتيجة للزيادة في الغلط والزيادة في الطول ، وتستجيب الخلايا المرستيمية المجاورة لهذه العوامل عن طريق تكوين

خلايا جديدة ، وازدياد الخلايا الموجودة في الحجم ، أما خلايا الخشب الأول وخلايا اللحاء الأول ، اذ قد تم نضجها ، لا تستطيع أن تستجيب بنفس الطريقة ، بل انها تستطيع أن تتمدد الى حد ما ، وتستجيب للشد الطولى الذى تتعرض له ، نتيجة للزيادة في الطول التى تحدث في الأعضاء التى تقع فيها هذه الخلايا . فهى خلايا طويلة وضيقة وذات جدر رقيقة وسيلولوزية ومقواه في الخشب الأول بأربطة من جدار ثانوى ملجنن (شكل ٦٢) . وتكون هذه الأربطة شكل حلقات



(شكل ٦٢)

الخشب الأول والخشب الثانى في قطاع طولى (١) وقطاع عرضى (ب) في نبات لوبيليا (١) ، ٢ عناصر حلقة ، ٣ ، ٤ ، ٥ عناصر حلزونية ، ٦ عنصر سلى ، ٧ عنصر سلى شبكى ، ٨ وهاء منقر ، برخلية برنسيمية

أو حلزونية ، وتستطيع عند حدوث الشد أن تمنع جدر الخلايا الرقيقة والقابلة للانشاء من الانضغاط وانسداد الفراغ الخلوى تبعاً لذلك .

ويقتصر استعمال لفظى اللحاء الأول والخشب الأول على تلك الخلايا من اللحاء والخشب القادرة على الامتداد ، أما خلايا اللحاء والخشب التى لا تتمدد نتيجة لاستطالة المنطقة التى تقع فيها فتسمى باللحاء التالى والخشب التالى على التوالى . وبذلك يتركب اللحاء الابتدائى من لحاء أول ولحاء تالى والخشب الابتدائى من خشب أول وخشب تالى . ولا يوجد فى اللحاء الثانوى أو الخشب الثانوى لحاء أول أو خشب أول لأن الأنسجة الثانوية لا تتكون الا بعد أن تتوقف الاستطالة . وقد يتكون شريط الخشب كلية من خشب أول - وتوجد هذه الحالة فى معظم الحزم الوعائية الصغيرة - أو كلية من خشب تالى كما فى الجذور والريزومات بطيئة النمو ويوجد عادة النوعان من الخشب معا وإن اختلفت الكميات باختلاف النبات أو العضو أو حسب سرعة النمو ، كما يختلف اللحاء أيضا بنفس الطريقة . وواضح أن الخشب التالى يقع الى داخل الخشب الأول اذا كان الخشب خارجيا (شكل ٦١ ب) ، ويقع الخشب التالى خارج الخشب الأول (شكل ٦١ ا) اذا كان الخشب داخليا ، ويقع الخشب التالى الى خارج والى داخل الخشب الأول اذا كان الخشب متوسطا (شكل ٦١ ج) .

اللحاء الابتدائى :

العناصر الغربالية فى اللحاء ، أى الخلايا الغربالية فى نباتات عاريات البذور وفى المجموعات الأقل منها رقا ، والأنابيب الغربالية فى كاسيات البذور هى أول الخلايا الوعائية التى يكتمل نضجها فى أى منطقة من المناطق . وتنتمى هذه الخلايا الى نوع اللحاء ويصعب تحديد تركيبها لأنها تشبه الى حد كبير خلايا الكسيوم الأولى التى تنشأ منها . فهى صغيرة رقيقة ، وتعيش لبضعة أيام فقط ، اذ سرعان ما تتمدد بدرجة كبيرة ثم تنسحق بين الخلايا المجاورة لها حتى تختفى تماما .

وفى اللحاء ، كما هى الحال فى الخشب ، تكون أول الخلايا المتكونة أطولها لأنها تتكون أثناء استطالة المنطقة التى تقع فيها ، استطالة سريعة ، فتتمدد لذلك الى أكبر درجة ممكنة . وبعد ذلك تتكون خلايا أقصر بالتدرج ، حتى يظهر اللحاء التالى ، وبالمثل تكون الخلايا المتكونة أولا أرقها ، ثم يزداد الغلظ فى

الخلايا المتكونة بعد ذلك تدريجيا ، ويبدو أن هذا التغير في غلط هذه الخلايا يرتبط بالتغير المماثل الذي يحدث في خلايا الكميوم الأولى ، التي تنشأ منها هذه الخلايا . فخلايا اللحاء والخشب الأولى تنضج وما زالت جميع خلايا الكميوم الأولى غاية في النعافة .

ولا يمكن العثور على خلايا اللحاء الأولى البالغة في منطقة ما الا عندما يكون الكميوم الأولى ما زال في المراحل الأولى وبعد ذلك تختفي معالمها تماما . أما الخلايا البرنشيكية والألياف فانها تظهر بعد ذلك من خلايا الكميوم الأولى المجاورة ويتكون اللحاء الأول في أول مراحلها من خلايا غربالية أو أنابيب غربالية فقط بمشرة بين خلايا الكميوم الأولى ، اذ يندر أو ينعدم وجود خلايا مرافقة في هذا النسيج ، وبعد ذلك تتميز خلايا الكميوم الأولى المجاورة لهذه الخلايا الناضجة ، الى خلايا برنشيكية وألياف ، وتكون هذه الألياف مجموعات تبدو متجانسة ، وذلك اما لاختفاء الأنابيب الغربالية أو لاندماجها في برنشيكية اللحاء . هذه الألياف اللحائية تكون ما كان يسمى في نباتات عديدة بألياف البرسيكل . كما أنها تكون مع الخلايا البرنشيكية التي تجاورها جزءا من — وفي بعض الأحيان — كل المنطقة التي تعرف عادة بالبرسيكل . وتوجد الخلايا الموصلة الناضجة من خلايا اللحاء الأول في الأنسجة المرستيمية الحديثة في أطراف السوق والأوراق بالقرب من القمة الى ٣٠٠ من المليمتر وفي قمم الجذور الى مليمتر واحد .

ويعتبر اللحاء التالي نسيجا مركبا به خلايا جيدة التكوين من جميع الأنواع : خلايا غربالية أو أنابيب غربالية وخلايا برنشيكية وخلايا على هيئة ألياف سكرنشيكية أو سكرليدات في بعض الأحيان . والخلايا البرنشيكية تضاف الى الخلايا الغربالية أو الأنابيب الغربالية بمجرد أن يبدأ اللحاء التالي في التكوين . هذه الأنواع المختلفة من الخلايا ، هي أساسا نفس الأنواع التي يتكون منها اللحاء الثانوي في نفس النبات . وقد يتنقت اللحاء التالي في وقت مبكر ، شأنه في ذلك شأن اللحاء الأول . ففي النباتات الخشبية وفي النباتات العشبية التي بها أنسجة وعائية ثانوية جيدة التكوين ، تلتف في غالب الأحيان ، الخلايا الرخوة من اللحاء الابتدائي بعد نضجها بوقت قصير . وذلك لنمو الأنسجة الثانوية تحتها . كما أن بقايا الخلايا المنضغطة قد توجد لفترة قصيرة ثم تختفي بسرعة كخلايا اللحاء الأول.

وفي الحالات التي يتكون فيها اللحاء الثانوى بكمية كبيرة ، يعتبر اللحاء الابتدائى ذا أهمية وظيفية مؤقتة ، أما فى الحالات التى لا يتكون فيها لحاء ثانوى ، أو يتكون بكمية قليلة فإن اللحاء الابتدائى يبقى مدى الحياة ، وحينئذ يصبح ذا أهمية قصوى من الناحية الوظيفية ، ويكون مثل هذا اللحاء على مستوى عال من التخصص من الناحية التركيبية ، اذ يتكون عادة من أنابيب غربالية راقية مع خلاياها المرافقة ، كما هى الحال فى لحاء معظم نباتات ذوات الفلقة الواحدة ولحاء بعض ذوات الفلقتين ، مثل القرع ^(١) والشقيق النعمانى ^(٢) واللفاح ^(٣) ، ويكون بعض اللحاء ثانوى فى هذه النباتات وإن لم تختلف أنسجة اللحاء الثانوى عن أنسجة اللحاء الابتدائى ، اللهم الا فى اللحاء الأول اذ يفتقر هذا الأخير الى الخلايا المرافقة . وفى بعض النباتات العشبية الأخرى مثل (سولانم) ^(٤) ، و (استر) ^(٥) ، و (لوبيليا) ^(٦) حيث تتكون أسطوانات كاملة من الأنسجة الوعائية الثانوية التى بها كمية قليلة من اللحاء الثانوى ، يبقى اللحاء الابتدائى قائما بوظيفته خلال فترة حياة الساق . فى مثل هذه النباتات ، توجد الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة فى مجموعات صغيرة وتمتاز بحجمها الصغير ، فقد لا يزيد حجم المجموعة الكاملة منها عن حجم احدى الخلايا البرنشيمية المجاورة (شكل ١٣٨) .

الخشب الابتدائى :

يكاد يتكون اللحاء الأول بصفة دائمة من نوع واحد من الخلايا ، لكن الخشب الأول نسيج مركب يتكون من قصيبات وأوعية وخلايا برنشيمية ويندر فيه وجود الألياف . وتحيط الخلايا البرنشيمية بالخلايا القصيبية عند بدء تكوينها ، وتنضج مع الخلايا الموصلة أو بعدها بقليل (ويستعمل لفظ الخشب الأول عادة للقصيبات والأوعية المتفرقة فقط ولكن يستحسن استعمال اللفظ للنسيج بأكمله متضمنا بذلك الخلايا البرنشيمية) .

وخلايا الخشب الأول الموصلة للحاء هى الخلايا المميزة لهذا النسيج . ويرجع ذلك الى استعداد جدرها للامتداد الذى تتعرض له عادة . وتقوى الجدر

Ranunculus (١)

Cucurbita القرع (١)

Solanum (٤)

Mandragora اللقاح (٣)

Lobelia (٦)

Aster (٥)

الابتدائية الرقيقة لهذه الخلايا الفارغة يتكون جدار ثانوى ملجن على هيئة حلقات أو أربطة حلزونية . ويبدو أن هذه الأربطة تساعد في حفظ المجرى التوصيلية مفتوحة أثناء استطالة هذه الخلايا . وتكون الخلايا الأولى ، المتكونة في الخشب الأول ، ذات جدر ثانوية رقيقة بشكل حلقات متباعدة (شكل ٦٢ ا ، ب) . مثل هذه الخلايا تسمى خلايا حلقة أو عناصر حلقة أو بتسمية أدق قصيبات حلقة أو أوعية حلقة (يستعمل لفظ « عنصر » عند الكلام عن خلايا الخشب الأول عندما تكون هذه الخلايا قصيبات أو أوعية) والخلايا التي تتكون بعد الخلايا الحلقية بقليل ، تكون جدرها الثانوية على هيئة أربطة حلزونية وتسمى مثل هذه الخلايا خلايا حلزونية أو عناصر حلزونية (شكل ٦٢ ج ، د ، هـ) ثم تزداد مساحة الأربطة وعددها تدريجيا في الخلايا التي تتكون بعد ذلك ، وبذلك تزداد نسبة الجدار الثانوى بالتدريج مع تكوين الخلايا الجديدة . وتعرض الخلايا المتكونة أولا الى مقدار كبير من الاستطالة في حين تعرض الخلايا المتكونة بعد ذلك الى مقدار أصغر فأصغر وهكذا . ولذلك تكون الخلايا المتكونة في أى وقت من الأوقات مكيفة من الناحية التركيبية لمقدار الاستطالة الذى تعرض له أثناء تكوينها وأثناء فترة عملها . فالخلايا الحلقية تستطيع التمدد أكثر من الخلايا الحلزونية ، والخلايا ذات اللغات الغليظة أكثر من الخلايا ذات اللغات العريضة ، كما أن الخلايا ذات اللولب الواحد أكثر من الخلايا ذات اللولب العديدة . وفي بعض الحالات يكون للخلايا لفات رقيقة تلتحم عند الأركان ، فتعطى شكلا شبيها بالسلم ، أو قد يكون هذا الشكل أكثر وضوحا عن طريق تكون قضبان عرضية تمتد من ركن الى ركن ، وفي هذه الحالات تسمى الخلية « خلية سلمية » (شكل ٦٢) (ويستحسن أن يطلق على الخلية السلمية في الخشب الأول ، « خلية خشب أول سلمية » إذ أن التعبير « خلية سلمية » هو تعبير وصفى غير دقيق قد يشير الى قصيبة سلمية منقرة أو وعاء سلمى مثقب) ومن الواضح أن خلية الخشب الأول السلمية لا تستطيع أن تتمدد الا قليلا . وفي حالات أخرى قد تلتحم أربطة الجدار الثانوى بدرجة أكبر وبطريقة أقل انتظاما مكونة بذلك شبكة من التغلظ الثانوى ، وتسمى الخلية حينئذ « خلية شبكية » (شكل ٦٢ ز) . وقد تزداد مساحة الجدار الثانوى وتظهر المناطق الرقيقة أكثر دقة وتحديدا في الشكل والحجم أيضا ، وبذلك تتكون « الخلية المنقرة » (شكل ٦٢ ح) . وفي هاتين

الحالتين ، أى الشبكية والمنقرة ، لا تستطيع الخلية أن تتمدد على الإطلاق .
وهذان النوعان من الخلايا يكونان الخشب التالى ، على أنه ليس من السهل
وضع حد فاصل بين أى نوع من الخلايا والنوع الذى يليه ، كما هى الحال بين
الخشب الأول والخشب التالى .

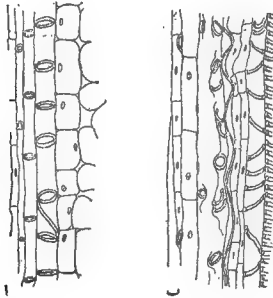
وتكون الخلايا الموصلة فى الخشب الأول اما قصيبات أو أوعية ، وتوجد
بحالة قصيبات فى النباتات التريدية وعاريات البذور وبعض كاسيات البذور الأقل
تخصصا ويوجد النوعان من الخلايا فى النباتات الزهرية الأخرى وفى النباتات
الزهرية العشبية وبعض النباتات الزهرية الخشبية ، تتكون معظم الخلايا التوصيلية
فى الخشب الأول ، من الأوعية . ونظرا لأن خلايا الخشب الأول تستطيل بدرجة
غير عادية نتيجة لتمدها ، ويصعب رؤية جذرها الطرفية ، مشابهة فى ذلك شكل
الأوعية ، لذلك أطلق عليها « أوعية الخشب الأول » بغض النظر عن طبيعتها
القصيبية أو القصيبية وليس من السهل فى كثير من الأحيان ، الجزم بأن خلية ما
من الخشب الأول هى وعاء أم قصيبية ، ولذلك فمن المستحسن تسميتها فى هذه
الحالة خلية حلقية مثلا ، أو عنصر حلقي ، ولا يجوز تسميتها وعاء الا اذا ثبت أن
جذرها الطرفية مثقوبة .

توزيع ونسبة العناصر المختلفة للخشب الأول :

قد يتكون الخشب الأول فى الأسطوانة الوعائية الواحدة من خلايا حلقية
وحلزونية وشبكية بأى نسبة ، وقد يتكون من نوع واحد فقط أو نوعين من
هذه الخلايا . ففى معظم مجموعات الخشب الأول ، تكون الخلايا الحلزونية وعلى
الخصوص ذات الأربطة المتقاربة أكبر نسبة من الخلايا . وفى المحور ذى النمو
السريع تكون معظم خلايا الخشب الأول من النوع الحلقي فى حين أن هذا النوع ،
يقط أو يختفى تماما ، فى المحور الذى ينمو ببطء . ويمكن فى المادة معرفة ترتيب
تكون خلايا الخشب الأول عند تمام نضجها كلها أو بعضها وذلك على أساس
الحجم فقط ، إذ أن التغير الذى يحدث أثناء تكوين مجموعة الخشب الأول ،
لا يقتصر على جذر الخلايا فصص ، بل يمتد الى الخلايا نفسها ، فيزداد حجم
الخلايا بالتدرج حسب ظهورها وقد يحدث فى كثير من الأحيان ما يخالف هذه
القاعدة ، ولكن تركيب الجدار اثبت من حيث علاقته بترتيب ظهور العناصر
المختلفة .

استطالة اللحاء الأول والخشب الأول :

بالرغم من أن عناصر اللحاء الأول والخشب الأول قادرة ، تبعاً لتركيبها ، على التمدد وعلى الأخص الخلايا الأولى منها ، فإنها تتعرض في كثير من الحالات إلى استطالة تفوق قدرتها فتمزق . وتمتص خلايا اللحاء الأول عقب التمزق مباشرة ، أما البقايا الممزقة لأوعية وقصبيات الخشب الأول فإنها تظل باقية . وتستهلك الخلايا الحلقية التي تعتبر أول الخلايا من حيث التكوين في غالب الأحيان ، وما يتبقى منها دون تمزق يلتوى مباشرة بعد تكونه بحيث يصبح غير صالح للقيام بوظيفته ، إذ أن هذه الخلايا عندما تتمدد ، تنفصل منها أولاً الحلقات السائدة فتقوس الجدر ، وباستمرار الشد الواقع على هذه الجدر تميل الحلقات وتقف على حافتها (شكل ٦٣ ب) . وأي استطالة بعد ذلك تكون تسيجتها تقطع الخلايا وينتج عن ذلك كله وجود حلقات الجدر الثانوية مع بقايا الجدر الابتدائية متناثرة في مكان الخلايا النافقة (شكل ٦٣ ب) . أما في الخلايا الحلزونية فإن الشد يسبب استقامة الأربطة الحلزونية كما في شكل ٦٣ ب وتكون النتيجة أيضاً سقوط الجدر الابتدائية .

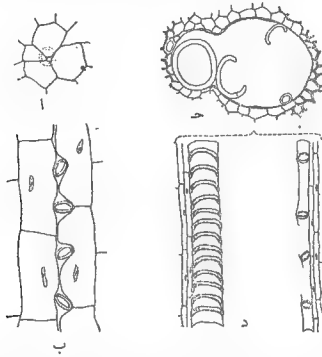


(شكل ٦٣)

الخشب الأول في القطاع الطولي : (١) من مرة نبات ذئف وفيه جميع العناصر من النوع الحلقي وقد حدث فيها بعض التمدد ولكن دون تمزق (ب) من ساق ذئف الحصان وقد حدث فيه تمدد كبير في الخلايا الحلقية والحلزونية وتسبب منه تمزق في الخلايا الحلقية وتكوين فراغ خشب أول . كما يلاحظ أن الفراغ الذي كانت تشغله الخلية الأولى قد انطس فيما حدا مكان الحلقات

فراغات الخشب الأول :

قد يتكون - حيث تتلف بعض خلايا الخشب الأول - فراغ قنوى الشكل يعرف بفراغ الخشب الأول . وفي بعض الحالات تصل هذه المسافة البينية في حجمها الى حد كبير نتيجة لشد الخلايا البرنشيمية المجاورة لها وهناك أمثلة صارخة لمثل هذه الفجوات توجد في كثير من النباتات العشبية وعلى الأخص في ذوات الفلقة الواحدة (شكل ٦٤ ج ، د) ونباتات ذيل الحصان . وعلى النقيض من ذلك قد



(شكل ٦٤)

الخشب الأول في القطعين الطولي والعرضي - يبين سلوك الأنسجة المحيطة ١ ، ب من لوبيليا ، مينا العناصر الحلقية ممطوطة ، والجدار الابتدائي بين الحلقات منقرض ، والخلايا البرنشيمية القريبة مضغوطة في المسافات - في القطاع العرضي كان الفراغ مشغولا بالخلية ج ، د من الليرة - البرنشيمية المحيطة مشدودة بعيدا عن عناصر الخشب الأول تاركة فراغا كبيرا

تنمو الأنسجة المجاورة للحمزة ، وهي لا زالت في مرحلة النمو ، في الوقت الذي تتمزق فيه خلايا الخشب الأول بحيث لا يتكون فراغ بل تضغط الخلايا البرنشيمية المجاورة على خلايا الخشب حتى تشغل مكانها (شكل ٦٣ ب) العنصر الحلقى على اليسار ، شكل ٦٤ ا ، ب . وفي الخلايا الحلقية أو الخلايا ذات الحلزون الواسع تضغط الخلايا البرنشيمية المجاورة لها على التجاويف الناشئة عن الجدر المتداعية (١٢)

والشبيهة بالتيلوز داخل الفراغ الخلوى بمجرد تمزق الجدار ، وقد تظهر نتيجة لذلك بعض الحلقات مستقرة رأسيا بين الخلايا البرنشيمية (شكل ٦٣ ب) وبذلك يصعب تحت هذه الظروف تحديد موضع خلايا الخشب الأول في القطاعات العرضية .

التطور التكويني لعناصر الخشب الأول :

ان التمدد أو التمزق الذى يحدث في جدر العناصر الوعائية للخشب الأول اما يحدث في الجدار الابتدائي الرقيق . وقد ساد الظن في وقت ما بأن حلقات ولولبات وقضبان الجدار الثانوى اما تتكون نتيجة لتمزق جدار ثانوى شامل قد سبق تكوينه ، لكن الدراسات الأولى قد بينت أن البروتوبلاست في هذه العناصر الوعائية لا تكون جدارا ثانويا الا في تلك المساحات التى تظهر فيها بعد ذلك حلقات أو ولولبات أو غير ذلك .

وقد أيدت البحوث الحديثة هذه التفسيرات الأولية، كما أن تمدد بعض الأشرطة الحلزونية حتى تستقيم دليل آخر على أن التمدد لا يؤدي الى اقسام اللولبات الى حلقات .

ترتيب الخلايا في الأنسجة الوعائية الابتدائية :

قد تترتب خلايا الأنسجة الابتدائية على اختلاف أنواعها ، وفي أى عضو من أعضاء النبات وفقا لنظام معين ، كما أنها قد لا تخضع لأى نظام في توزيعها . ولكن خلايا الأنسجة الثانوية بحكم طريقة نشوئها من الأنسجة المرستيمية من نوع الكميوم فانها تميل الى الانتظام في صفائح أو صفوف وقد تردد القول في كثير من الأحيان أن الأنسجة الابتدائية تتميز بتوزيعها بغير نظام في حين أن الأنسجة الثانوية تتوزع بنظام معين . ويمكن تطبيق هذا التمييز على الأنسجة الوعائية بوجه خاص ، ولو أن النمو غير المتساوى لبعض الخلايا المكونة لهذه الأنسجة قد يعرقل في بعض الأحيان الترتيب المنظم للأنسجة الثانوية . وقد تنتظم أيضا أنسجة اللحاء الابتدائي والخشب الابتدائي وخصوصا اللحاء التالى والخشب الأول في صفوف قطرية ، وذلك في الأنسجة الابتدائية لكثير من النباتات العشبية وبعض كاسيات البذور الحشبية ، وقد يوحى هذا الترتيب بأصل ثانوى، إذ تنتظم

الأنسجة الثانوية في صفوف قطرية مع هذه الأنسجة ، ولذلك لا يمكن التمييز بين الأنسجة الابتدائية والأنسجة الثانوية الا على أساس نشأتها من الكميوم الأولي أو الكميوم ، وذلك باستثناء الخشب الأول وجزء من الخشب التالي ، ولما كان الكميوم نفسه ينشأ من الكميوم الأولي ، عندما يتوقف تكوين الأنسجة الابتدائية ، لذلك يكون الحد الفاصل بين اللحاء الابتدائي واللحاء الثانوي وبين الخشب الابتدائي والخشب الثانوي حداً تقريبياً فقط^(١) .

انواع الخشب الابتدائي :

يمكن تحديد نوع الخشب الابتدائي ، من حيث أنه خارجي أو داخلي أو متوسط (شكل ٦١) ، عن طريق موضع الخشب الأول بالنسبة للخشب التالي ، أو بواسطة تحديد موضع الخلايا التي تكونت أولاً في حالة ما يتكون الخشب الابتدائي من خشب أول فقط ، مع العلم بأن موضع خلايا الخشب الأول هو نفس موضع فجوة الخشب الأول اذا وجدت ، أما اذا أطبق النسيج المجاور على الخلايا الممزقة أو المنبسطة من خلايا الخشب ، فانه يمكن تحديد موضع الخلايا الأولى عن طريق اضطراب الترتيب العادي للخلايا ، أو بأجزاء الخلايا التالفة . وقد يلزم في بعض الأحيان لتحديد نوع الخشب دراسة القطاعات الطولية ذلك لأن الخلايا الحلقية قد يصعب تمييزها من الخلايا الحلزونية في القطاعات العرضية كما أن الخلايا الحلقية الأولى قد تتلاشى في مستويات معينة .

(١) كان يؤكد دائماً ان التمييز بين الأنسجة الابتدائية والأنسجة الثانوية امر ليس ذا قيمة كبيرة الا ليس هناك حد واضح بينها لا في الوعائية منها ولا في غيرها ، فمثلاً لا ينشأ اللحاء الداخلي والحرم الوعائية الصغيرة التي تتكون مؤخرًا أثناء التطور التكويني لبعض الأجزاء النبالية من المرستيم الأولي بل من أنسجة مستديرة أو نصف مستديرة . كما أن نمو الأنسجة الابتدائية قد يستمر بلا حدود في أي عضو من الأعضاء وخصوصاً في الحالات التي لا تحدث فيها تغيرات تستوجب زيادة في الجسم الأساسي كذلك التي تنشأ من إضافة حزم وعائية أثناء تكوين أنسجة تخزينية أو من إضافة أنسجة فردانية أو تركيبات وافية أو أغلفة اللحاء أو البلور . هذه الأنسجة الابتدائية الجديدة قد تكونت لا كما تكون الأنسجة الثانوية النموذجية في صفوف شعاعية من منشآت دائمة بل من خلايا شبيهة بالكيميوم الأولى قصيرة الأجل . انها تنشأ بطريقة ثانوية ومن مرستيم ثانوي لكن الأنسجة نفسها تكون ، وبشكل واضح ، جزءاً من الجسم الابتدائي . لذلك فهناك بعض الصفات الأخرى غير طريقة النمو والترتيب ، يمكن استخدامها في كثير من الأحيان للتمييز بين الأنسجة الابتدائية والأنسجة الثانوية . فمثلاً عند التمييز بين الخشب واللحاء الابتدائيين وبين الخشب واللحاء الثانويين يمكن الرجوع الى طول هذه العناصر . فالعناصر الوعائية الابتدائية ، وخصوصاً في النباتات الخشبية من ذوات الفلقتين ، تكون أقصر بكثير من نظيراتها في النسيج الثانوي المجاور كما أن الخلايا المنشئة لهذه الأنسجة نفسها في النسيج الوعالي تختلف كثيراً .

ولا يمكن الجزم الى حد بعيد بأن الأنواع المختلفة لقصبيات وأوعية الخشب الأول تتابع في تكوينها أثناء تطور النسيج كما لا يمكن الخلط وصلت لتمام نضجها آن تغير نوعها ، فالخلية الحلقية لا تتحول الى خلية حلزونية ، والحلزونية لا تتحول الى سلمية . لكن الظاهرة الثابتة هي تزايد مساحة الجدار الثانوى فى الأنواع المختلفة من الخلايا مع تتابعها فى التكوين .

ولا شك أن التميز بين جسم النبات الابتدائى (الأساسى) والجسم الثانوى (الاضافى) المتكون بعد ذلك ، والتميز بين الأنسجة الابتدائية والأنسجة الثانوية تبعاً لذلك ، لازم لفهم التغيرات التى يحدثها النمو الثانوى فى الجسم الابتدائى ، أما محاولة إيجاد فواصل محددة بين هذه الأنسجة فليس فى الامكان فى أغلب الأحيان ، كما أنها ليست ضرورية .

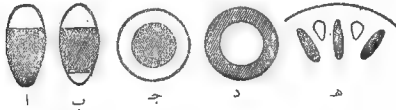
الحزمة الوعائية :

تطلق « الحزمة الوعائية » على الجزء الشريطى الشكل فى الجهاز الوعائى للنبات وتتركب الحزمة أساساً من أنسجة ابتدائية وأحياناً أنسجة ثانوية أيضاً . فالخزم الصغيرة مثل نهايات الخزم والخزم النحيلة فى الأوراق والثمار وما شابهها تتكون كلية من أنسجة ابتدائية ، كما أن الخزم الكبيرة كذلك التى توجد فى سوقى ذوات الفلقة الواحدة قد تكون أيضاً كلية ابتدائية التكوين . وهناك أيضاً كثير من النباتات العشبية من ذوات الفلقتين تتكون حزمها من أنسجة معظمها ابتدائية التكوين . ويكون الخشب واللحاء فى هذه الخزم على درجة عالية من التخصص ، فالخلايا الموصلة من نوع راق ومحدود العدد ، وتقل أو تنعدم فيها الخلايا الوعائية ، ذلك لأن التدعيم والحماية تلزم فقط للأنسجة الموصلة الضعيفة أو الرخوة ، ويكون التدعيم فى هذه الحالة ، عن طريق أغلفة من الألياف تحيط احاطة ، تكاد تكون كاملة ، بأشرطة الخلايا الموصلة ، ونظراً لوجود هذه الأغلفة اللبيفية فى كثير من الأحيان محيطة بأشرطة الخلايا الموصلة ، فقد اعتبرت فى وقت من الأوقات جزءاً من الحزمة الوعائية شكلياً ووظيفياً ، وقد أطلق على الحزمة حينئذ (حزمة وعائية ليفية) . ولطالما كان واضحاً أن مهمة الحزمة مبدئياً هى التوصيل وأنه ليس من الضرورى أن يرتبط « النسيج الدعامى » من حيث موضعه بالخزم الوعائية ، ولذلك فإن النسيج الليفى المجاور للنسيج الموصل لا يعتبر أيضاً شكلياً

جزءاً من النسيج الوعائى (على أنه قد يحدث أحيانا أن ينشأ جزء من النسيج الليفى من شريط الكيبيوم الأولى) . ولذلك فضل استعمال « الحزمة الوعائية » فى السنين الأخيرة على استعمال « الحزمة الوعائية الليفية » ، وبالرغم من هذا فلم يحل اللفظ الجديد احلالاً كاملاً محل اللفظ القديم غير الدقيق (وستدرس الحزمة الوعائية بالتفصيل فى الفصل الحادى عشر) .

انواع الحزم الوعائية :

يندر فى النسيج الوعائى أن يتكون من لحاء فقط أو خشب فقط بل تتكون الحزمة عادة من هذين النوعين من النسيج الموصل وهناك عدة حالات لترتيب الخشب واللحاء فى الحزمة . ويمكن وضع هذه الحالات فى ثلاثة أقسام عامة هى :
(١) حيث يوجد الخشب بجانب اللحاء على أنصاف أقطار واحدة (٢) حيث يوجد أحد النسيجين يحيط أو يغلف النسيج الآخر . (٣) حيث يوجد النوعان منفصلين الواحد عن الآخر . وينتمى للقسم الأول الحزم الجانبية (المقترنة) (شكل ١٦٥ ، ١٣٩ ، د ، ١٤٠) ويقع فيها اللحاء بجانب الخشب من الناحية الخارجية والحزم الجانبية ذات اللحاءين ويقع فيها اللحاء بجانب الخشب من الخارج والداخل معا (شكل ٩٥ ب ، ١٣٨) أما حزم القسم الثانى فتعرف بالحزم المركزية وفيها اما يحيط اللحاء بالخشب وتسمى حزم محيطية اللحاء (شكل ٩٥ ج ، ١٣٠ ب) أو يحيط الخشب باللحاء وتسمى محيطية الخشب (شكل ٩٥ د ، ١٣٩ ج) وقد يستعمل التعبير « حزمة مركزية » استعمالاً غير دقيق ، فيطلق على الحزم المركزية محيطية اللحاء . ويرجع ذلك بلا شك لعدم شيوع الحزم المركزية محيطية الخشب ولكن يجب أن يستعمل كتعبير وصفى عام يضم النوعين معا محيطية اللحاء ومحيطية الخشب .



(شكل ٩٥)

اشكال تخطيطية تبين انواع ترتيب الخشب واللحاء من حيث وضع الواحد بالنسبة لآخر (الخشب مظلل - اللحاء غير مظلل) ، ١٠ - حزمة جانبية ب - حزمة جانبية ذات لحيان ج - حزمة محيطية اللحاء د - حزمة محيطية الخشب ه - نظام نظرى

أما في القسم الثالث فلا تتكون حزم محددة بل توجد أشرطة الخشب واللحاء على أنصاف أقطار مختلفة يفصلها نسيج غير توصيلي (شكل ٦٥ هـ ، ١٣٠ ا) .
ويقال عن هذه الأشرطة عادة أنها تكون حزما قطرية ، والواقع أنه لا توجد حزم محددة بالمعنى الصحيح اللهم الا اذا اعتبرنا كل شريط يكون حزمة مستقلة — كما أن كثيرا ما تتحد أشرطة الخشب لتكون عمودا مركزيا ولذلك فانه من الأفضل أن تسمى هذه الحالة بالنظام القطري وترجع هذه التسمية « حزمة قطرية » الى الفترة التي سبقت نظرية العمود الوعائي ، اذ كان العمود الوعائي للجذر يعتبر مكونا لحزمة واحدة قطرية التركيب . ولا زال هذا التعبير مستعملا لسوء الحظ في وصف التركيب الوعائي الابتدائي للجذر ، كما أن استعمال كلمات : خارجي وداخلي ووسطى خطأ في بعض الأحيان لوصف الحزم الوعائية في حين أنها تدل فقط على نوع الخشب في الحزمة .

توزيع الأنواع المختلفة للحزم :

تعتبر الحزمة الجانبية هي النوع الأكثر شيوعا ، وتتميز بها سوق وأوراق نباتات كاسيات البذور ومعظم نباتات عرايات البذور ، أما الحزمة الجانبية ذات اللحاءين فليست شائعة ، فهي توجد في نباتات كاسيات البذور التي تحتوى أعمدها الوعائية على لحاء داخلي كما في الفصيلة القرعية . وفي معظم النباتات التي تحتوى على لحاء داخلي لا يرتبط هذا النسيج بالخشب أو باللحاء الخارجى ارتباطا وثيقا ، لا في موضعه ولا في طريقة نشأته ، كما أن الحزم محيطية الخشب ، لا تعتبر من الناحية التركيبية ولا الناحية الشكلية حزما أصيلة ، ذلك لأن اللحاء الداخلى يكون منفصلا عن بقية الحزمة .

وتوجد الحزم محيطية اللحاء عادة في السرخسيات كما توجد أيضا في الحزم الصغيرة ، كذلك التي توجد في الأجزاء الزهرية ومسيرات البويضات وحزم المسيرات الورقية الصغيرة ، أما الحزم محيطية الخشب فهي نادرة ، ولكنها توجد أساسا في ذوات الفلقة الواحدة ، وعلى الخصوص في مناطق العقد وفي الريبومات وتمتاز الجذور بالنظام القطري للنسيج الوعائي الابتدائي بها وهي تنفرد بهذا النظام ولا يوجد في أى موضع آخر .

ويجب أن ينظر للحزم الوعائية على أنها أجزاء من جهاز وعائى واحد ، وليست وحدات تركيبية أساسية ، ولذلك تعتبر فى المحور كأنها أقسام متباعدة الى حد ما فى أسطوانة وعائية واحدة ، أو عمود وعائى متكامل .

الهيكل الوعائى الابتدائى

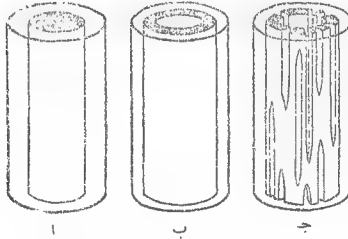
تكون الأنسجة الوعائية الابتدائية فى النبات هيكلا وعائيا محددا ، يقابل الى حد ما الهيكل العظمى للحيوان . وتختلف الأنسجة الوعائية فى ترتيبها وموضعها وطريقة اتصالها فى الأجزاء المختلفة للنبات باختلاف هذه الأجزاء . وتكون هذه الاختلافات ثابتة ومميزة ، فهيكلى النوع الواحد من النبات له نظام محدد وترتيب ثابت ، يختلف قليلا أو كثيرا عن نظام أى نوع آخر وتختلف هياكل المجموعات الكبيرة من النباتات عن بعضها البعض — كما تختلف المجموعات الكبيرة فى الحيوانات من نواحي هامة من حيث ترتيبها ، فى حين أن هياكل المجموعات الصغيرة تختلف من نواحي أقل أهمية ولكنها قد تختلف اختلافا كبيرا من حيث التركيب . وخلاصة القول أن التركيب الوعائى يختلف من نبات الى آخر وأن هذا الاختلاف يتراوح ما بين البسيط والغاية فى التعقيد .

العمود الوعائى :

يكون شكل المحور فى الغالبية العظمى من النباتات أسطوانيا؛ ولذلك فالهيكل فى هذا الجزء من جسم النبات يتناسب مع هذا الشكل الأسطوانى . وبناء على ذلك فالأنسجة الوعائية للعمود الوعائى فى أبسط صورة تكون عمودا صلبا قضيبى الشكل يحيط فيه اللحاء بالخشب . ويسمى العمود الوعائى الذى ترتب أسجته الوعائية بهذه الطريقة عمودا وعائيا أوليا (شكل ٦٦ ، ١٢٧) وليس للعمود الوعائى الأولى أبسط أنواع الأعمدة الوعائية فحسب ، بل من الواضح أيضا أنه النوع البدائى ، الذى اشتقت منه جميع الأنواع الأخرى أثناء مراحل التطور المختلفة .

وقد يتخذ الجزء الوعائى من العمود الوعائى الأولى فى القطاع العرضى شكلا دائريا أو زاويا متماثلا مثلا أو نجميا بأذرع ممتدة أو مستديرا بغير نظام أو مفصصا . وهناك نوع من الأعمدة الوعائية يختلف عن العمود الوعائى الأولى

فى وجود نخاع فى الوسط ويسمى العمود الوعائى النخاعى (شكل ٦٦ ب ، ١٣٥ هـ) . هذا النوع مشتق من العمود الوعائى الأولى ويمثل درجة من درجات التقدم التطورى . وقد يختلف العمود الوعائى النخاعى ، من حيث شكل المقطع العرضى ، لكنه فى العادة مستدير . وهناك نوعان من العمود الوعائى النخاعى : نوع خارجى اللحاء وفى هذا النوع يوجد اللحاء خارج الخشب فقط — ونوع محيطى اللحاء وفى هذا النوع يوجد اللحاء خارج الخشب ودخله . وعندما يتشقق العمود الوعائى النخاعى فيكون شبكة أو مجموعة من الأشرطة الطولية يسمى حينئذ بعمود وعائى نخاعى مجزأ أو عمود وعائى شبكى (شكل ٦٦ ج ، ١٣٥ د ، و) . وفى بعض النباتات ومنها معظم ذوات الفلقة الواحدة تتناسب الحزم الوعائية فى العمود الوعائى الشبكى فى النخاع والقشرة ، بحيث تقتفى معالم وجود حلقة أو عمود وعائى . وقد نشأ هذا الوضع أثناء التطور من العمود الوعائى النخاعى أو الشبكى ويعتبر نوعاً منها .



(شكل ٦٦)

أشكال تخطيطية تبين أنواع ترتيب الأنسجة الوعائية فى الأعمدة الوعائية : (١) عمود وعائى أولى (ب) عمود وعائى نخاعى (ج) عمود وعائى شبكى

وكان يستعمل أحيانا التعبير العمود الوعائى الوحيد مرادفا للعمود الوعائى الأولى . وقد طبقت هذه التسمية أصلا على الأعمدة الوعائية التى تكون وحدة تركيبية واحدة وكان يقابل العمود الوعائى المتعدد وهو نوع من الأعمدة الوعائية توجد فيه الأنسجة الوعائية على شكل أشرطة ، كل منها يشبه الأسطوانة الوعائية الكاملة فى النباتات ذوات الأعمدة الوعائية الأولية . ولذلك سُمى العمود الوعائى

الأولى والعمود الوعائى النخاعى المجرأ بالعمود الوعائى المتعدد . وتشبه حزم العمود الوعائى النخاعى المجرأ أعمدة وعائية أولية صغيرة فى القطاع العرضى ولا سيما اذا كان العمود الوعائى مزدوج اللحاء والحزم محيطية اللحاء . ولذلك يبدو العمود الوعائى كأنه عمود وعائى متضاعف ، ومن هنا استعمل اسم عمود وعائى متعدد لمثل هذه الأسطوانة المركزية . ولقد أصبح مفهوما الآن ، أن هذا النوع من الأعمدة ، ما هو الا عمود وعائى نخاعى مجزأ ، ولذلك أصبح التعبير العمود الوعائى الوحيد قليل الاستعمال ويستعمل بدلا منه عادة التعبير الأكثر دقة ، وهما العمود الوعائى الأولى والعمود الوعائى النخاعى ، وبطلق اسم العمود الوعائى الشبكى على العمود الوعائى النخاعى المجرأ . أما اطلاق العمود الوعائى المتعدد على العمود الوعائى النخاعى المجرأ ، إنما هو تعبير شكلى غير دقيق ، ولذلك يجب عدم استعماله . ومما لا شك فيه أن الأعمدة الوعائية الحقيقية توجد فى بعض مجموعات النباتات الحفرية ولكنها لا توجد فى النباتات الحية بتاتا .

وهناك نظريتان لايضاح طريقة التغير التطورى التى نشأ بها العمود الوعائى الأولى : الأولى نظرية الاتساع وتبعا لهذه النظرية لا يتكون فى الجزء المركزى للعمود الوعائى أنسجة وعائية بل يظل أقل تخصصا ويكون النخاع . ولذلك يعتبر النخاع تبعا لهذه النظرية من الناحية الشكلية نسيجا وعائيا . واستعمال لفظ الاتساع ، يعتبر استعمالا غير موفق ، لأنه لا يلزم أن يكون قد حدث اتساع فى العمود الوعائى الأولى فى جميع الحالات . والثانية : نظرية الغزو وتبعا لهذه النظرية تعتبر القشرة قد غزت الأسطوانة المركزية أثناء التطور التكوينى للنباتات الوعائية خلال الفتحات التى نشأت عن فرجات الأوراق والأفرع وبذلك لا يعتبر النخاع ناشئا من العمود الوعائى . ولا يمكن أن يستوعب هذا الكتاب مناقشة هذه النظريات ، ان النخاع لا ينتمى الى العمود الوعائى من الناحية الشكلية فى النباتات البذرية على الأقل كما هى الحال أيضا فى معظم التريديات وينتمى النخاع للعمود الوعائى فى قليل منها فقط .

توزيع الأنواع المختلفة للأعمدة الوعائية :

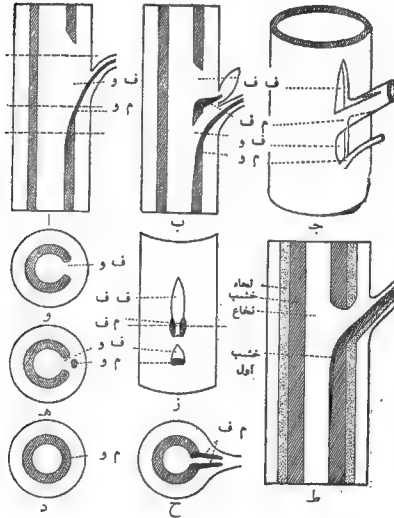
يتنشر العمود الوعائي الأولى عادة بين النباتات الأولية باعتباره نوعا بدائيا ، فيوجد في كثير من النباتات الحفرية القديمة كما تتميز به في النباتات الحديثة الحزازيات الصولجانية ، وقليل من السرخسيات ، وتتميز به أيضا الجنذور في جميع النباتات . ويوجد العمود الوعائي النخاعي كما هو أو مع بعض التحور في سوق جميع النباتات الحية الأخرى . ويعتبر العمود الوعائي خارجي اللحاء أكثر الأنواع شيوعا ، اذ تتميز به سوق النباتات عاريات البذور وكاسيات البذور بوجه عام . ويوجد العمود الوعائي النخاعي محيطي اللحاء في معظم السرخسيات وفي بعض كاسيات البذور وعلى الأخص الأنواع العشبية منها . ويرجع تجزؤ العمود الوعائي من الناحية الشكلية الى طريقتين مختلفتين : الأولى بترابك فرجات الأوراق والأفرع ، والثانية بسقوط بعض أجزاء الأسطوانة أثناء اختزال الأسطوانة الوعائية ، وذلك خلال تطور بعض أنواع السوق العشبية .

مسيرات الأوراق :

تتكون المسيرات الورقية أو مسيرات الأوراق من امتداد الأنسجة الوعائية التابعة للأعمدة الوعائية التي تغذى الأوراق (شكل ٦٧) وتسمى المسيرات التي تغذى ورقة واحدة المدد الورقي . ويطلق لفظ « مسير » على تلك الحزم الوعائية من بدء ظهورها كممد ورقى حتى قاعدة الورقة . ومن الناحية التركيبية تتكون مسيرات الأوراق من أشربة من النسيج الوعائي الابتدائي ، ويتركب الجزء القريب من المسير من خشب فقط ، أما الجزء البعيد منه فيتربك من خشب ولحاء . وقد تضاف الأنسجة الثانوية في مراحل متأخرة . ولما كان المسير مجرد امتداد للجهاز الوعائي للساق فإن منشأه لا يمكن تحديده بسهولة ، وإن كان من الممكن تتبع الشريط الوعائي المحتوى على خشب أول الى مسافة ما في الساق ، تحت المستوى الذى يبدأ فيه الانتحاء للخارج ، حيث يمتزج بالمسيرات الأخرى أو بأسطوانة الخشب الابتدائي .

وتتراوح عدد المسيرات المتجهة ناحية الورقة من واحد الى عدة مسيرات ، والعدد ثابت في العادة بالنسبة لنوع معين من النباتات ، وفي كثير من الأحيان بالنسبة للفصيلة ، وقد يكون بالنسبة لمجموعة أكبر من ذلك . ويعبر هذا

الرقم عن عدد الحزم الوعائية التي تبرح العمود الوعائي للخارج . وقد تلتحم هذه الحزم أو تتفرع أثناء مرورها في القشرة بحيث يتغير عدد الحزم الداخلة في الورقة . وينشأ المدد الوعائي للاذينات من المسيرات الجانبية التي تظهر عادة في القشرة (شكل ٧٠ ك) وكثيرا ما يحدث التحام أو تفرع في الحزم الوعائية في عنق الورقة أو قاعدتها حيث لم تعد هذه الحزم تتبع المسيرات الورقية .

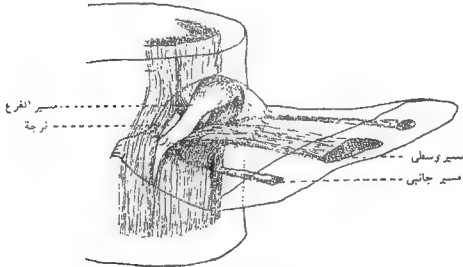


(شكل ٦٧)

أشكال تخطيطية تبين مسيرات وفرجات الأوراق والأفرع : (أ) قطاع عرضي في العقدة مارا بمسير ودي و فرجة ودية . (ب) مثل أ - مع وجود مسير فرمي وفرجة فرعية . (ج) منظر لاسطوانة تبين خروج المسير الودقي والمسير الفرعي كما يبين أيضا الفرجات المرتبطة بها . (د) ، (هـ) ، (و) قطاعات عرضية في الساق المبين في شكل (أ) عند المستويات أ ب ، ب - ب ، ج - ج على التوالي

مسيرات الافرع :

ينشأ المدد الوعائى الابتدائى للأفرع الجانبية من العمود الوعائى للمحور الرئيسى ، ويكون ذلك عادة فى شكل حزمتين وأحيانا فى شكل حزمة واحدة . تسمى هذه الحزم مسيرات الفروع أو المسيرات الفرعية (شكل ٦٧ ب ، ج ، ز ، ح) وهذه المسيرات الفرعية كالمسيرات الورقية ، تتصل بأول أجزاء تكونت فى الهيكل الوعائى الأولى . وبذلك تصبح جميع أجزاء المحور والأطراف مرتبطة ببعضها البعض عن طريق الجهاز الوعائى الابتدائى . وفى الحالات التى يتكون فيها المدد الفرعى من مسيرين ، تتحد الحزم بعد مسافة قصيرة لتكون عمودا وعائيا كاملا (شكل ٦٧ ج) ، أما فى حالة المسير الواحد فقط ، فإن الشريط الحزمى يتخذ شكل الهلال أو حدوده الحصان فى المقطع العرضى مع اتجاه الفتحة الى أسفل ، ويتخذ العمود الوعائى للفرع شكل أسطوانة بعد انفلاق هذه الفتحة عند مرور المسير للخارج ، وبينما لا يزال الفرع فى الطور البرعمى ، فإن مسيراته تكون فى مرحلة الكميوم الأولى وذلك بالرغم من وضوح شكلها وعلاقتها بالعمود الوعائى للفرع الأصلى (شكل ٦٨) .



(شكل ٦٨)

شكل تخطيطى لمنطقة متدية فى نبات فلوكس يبين علاقة المسيرات الورقية والفرعية بالعمود الوعائى للساق - فالمسير الورقى ينقسم مباشرة الى ثلاث حزم أما المسيران الفرعيان ، وما يزالا فى الطور المستقيم فى قاعدة البرعم ، يظهران أعلى وعلى جانبي المسير الورقى كما يبينان أول مرحلة من مراحل الالتحام لتكوين العمود الوعائى للفرع

الفرجة الورقية والفرجة الفرعية :

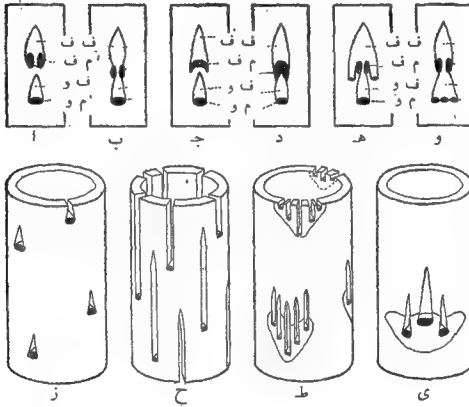
فى معظم النباتات الوعائية يرتبط مرور المسير الورقى أو الفرعى للخارج بحدوث انفصال فى الأسطوانة الوعائية فوق نقطة خروج المسير (أشكال ٦٧ ب ، ج ، ز ، ٦٩ ا - و) . وتسمى هذه الفتحة التى تخرج فيها القشرة بالنخاع بالفرجة - فرجة ورقية فى حالة المسير الورقى وفرجة فرعية فى حالة المسير الفرعى . وللفرجات الورقية شكل ثابت فى المجموعة الكبيرة من النباتات الوعائية المسماة (تيروبسيديا) ، وتتكون هذه المجموعة من السرخسيات وعاريات البذور وكاسيات البذور ، ولا توجد الفرجات الورقية فى مجموعة النبات المسماة (ليكوسيدا) وهى تضم الحزازيات الصولجانية ونباتات ذيل الحصان وبعض النباتات القليلة المماثلة . أما الفرجات الفرعية فتوجد فى جميع النباتات الوعائية التى لها نخاع . ولذلك لا توجد الفرجات بطبيعة الحال فى الأعمدة الوعائية الأولية . وذلك لعدم وجود نخاع كما أنها لا توجد مع المسيرات الجذرية .

وتختلف الفرجات الورقية كثيرا من حيث اتساعها وارتفاعها كما لا توجد علاقة مباشرة بين حجم الفرجة الورقية وحجم الورقة ذاتها أو نوعها أو بقاءها ، وتكون فرجة الورقة فى عاريات البذور وكاسيات البذور صغيرة عادة ، وممتدة الى مسافة قصيرة أعلى نقطة مبارحة المسير للأسطوانة الوعائية ، أما فى السرخسيات فتكون الفرجة بوجه عام أكبر حجما ، وتمتد الى مسافات بعيدة قد تصل الى عدة سلاميات ، أما الفرجات الفرعية فتكون عادة أكبر من الفرجات الورقية ، كما أنها تمتد فى المحور الى مسافات أكبر .

تقطع الاسطوانة الوعائية بواسطة الفرجات :

تتقطع الأسطوانة الوعائية نتيجة لتكون الفرجات بدرجات متفاوتة ، فعندما تكون الفرجات صغيرة وذات ارتفاع محدود ، فإن تقطع الأسطوانة فى هذه الحالة يكون بسيطا (شكل ٦٩ ز) ، ولكن فى حالة ما تكون الفرجات كبيرة وطويلة بحيث تمتد الى سلامية أو أكثر ، فإن العمود الوعائى النخاعى يتجزأ (شكل ٦٩ ح) وتتوقف درجة تجزؤ العمود الوعائى النخاعى على عدد وامتداد هذه الفرجات وعلى تقارب العقد . فعندما تتداخل الفرجات لطولها الزائد ، أو لقصر السلاميات فإن الأسطوانة تتركب من شبكة من الحزم تظهر فى القطاع العرضى على هيئة دائرة

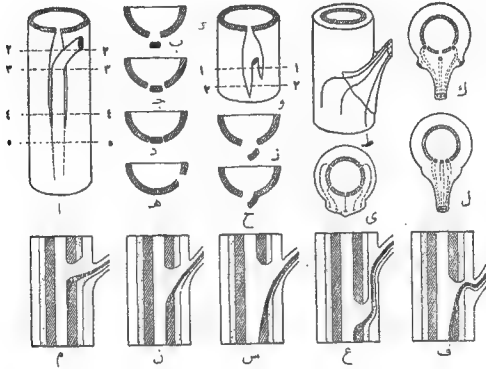
من الأشرطة المتناثرة (شكل ٦٩ ح ، ط) ووجود الفرجات وحدها كاف لأن يجرى الأسطوانة بشكل واضح الى عدة أشرطة ، ولكن تركيب الأسطوانة يزداد تعقيدا بوجود فرجات الأفرع أى أن وجود الفرجات الورقية والفرجات الفرعية معا يجعل الأسطوانة الوعائية الابتدائية معقدة من حيث ترتيب الأنسجة الوعائية، وعلى الأخص في مناطق العقد ، حيث تخرج المسيرات الورقية والفرعية . ومما يزيد هذا التعقيد ، في عدد كبير من الأعشاب والكروم ، وجود انفصالات في الأسطوانة عن اختزال العمود الوعائي الذي رافق التطور في التركيب الوعائي الخاص بهذه النباتات .



(شكل ٦٩)

أشكال تخطيطية توضح تبين أشكال المسيرات والفرجات الورقية والفرعية : أ - و مناظر أمامية لتغطية العقدة تبين المسيرات وقد قطعت عند سطح الأسطوانة الوعائية وتبين أيضا فرجات . أ - د مسير ورقم واحد . هـ - ثلاثة مسيرات وثلاث فرجات . و - ثلاثة مسيرات خارجة مما تاركة فرجة واحدة أ - الفرجة الورقية مقلدة تحت المسيرين الفرعيين والفرجة الفرعية . ب - التحام الفرجة الورقية بالفرجة الفرعية . ج - الفرجة الورقية مقلدة تحت موضع خروج المسير الفرعي الوحيد . د - المسير الفرعي الوحيد يخرج عند قمة الفرجة الورقية . هـ - ثلاث فرجات ورقية من ثلاث مسيرات كلها ملتحة مع الفرجة الفرعية . و - فرجة ورقية واحدة من ثلاثة مسيرات ملتحة مع الفرجة الفرعية . ز - ي أشكال تخطيطية للأسطوانة الوعائية تبين مقدار ونوع التجزؤ بواسطة الفرجات الورقية

وتنفصل المسيرات الفرعية مباشرة ، وتترك الأسطوانة الوعائية بمجرد انفصالها عنها ، في حين أن المسيرات الورقية قد تنفصل عن الأسطوانة الوعائية ، ولكنها تحتفظ بمكانها داخل الأسطوانة الى مسافة ما قبل مرورها في القشرة (شكل ١٧٠)



(شكل ٧٠)

اشكال تخطيطية توضح التباين في كيفية خروج المسيرات الورقية : ١ - ه انفصال المسير لسانة ما تحت نقطة مبارحة الأسطوانة : ١ - منظر أمامي . ب - ه قطاعات مرضية عند المستويات ١ - ١ الى ه - ه على التوالي و - ح انفصال المسير من أحد الجانبين قبل الجانب الآخر : و - منظر أمامي . ز - ح قطاعات مرضية عند المستويات ١ - ه ، بسبب على التوالي . ط - ي خروج المسيرات من الأسطوانة في مناطق بعيدة من مكان اتصال الورقة « مسيرات حاذية » . ط - ه طريق المسيرات كما يرى من الخارج ومبين بالرسم نقط خروج المسيرات من الأسطوانة ودخولها في عنق الورقة . ي - مسقط يبين طريق المسيرات مبتدئة من مواضع خروجها حتى عنق الورقة . ك - ه مسقط لطريق ثلاثة مسيرات خارجة كل على حدة ونشوء عدد الاذينات من مسيرات جانبية . ل - ه مسقط لطريق ثلاثة مسيرات خارجة من فرجة واحدة . م - ه قطاعات طولية في القند مبينة الطرق المختلفة لخروج المسير .

ويبدو المسير في غالب الأحيان أسفل النقطة التي يتعد فيها عن الأسطوانة يبدو كشرط واضح بالرغم من عدم انزاله ، ويتكون معظمه من خشب أول (شكل ١٧٠ - ه) ويرجع وضوح الشرط في الأسطوانة الخشبية الى نوع وحجم الخلايا التي يتكون منها ، اذ تختلف عن خلايا الخشب المجاور ، ولكن المسير لا يكون محددًا من الخارج نظرا لاندماجه مع خشب الأسطوانة

(شكل ٧٠ هـ) . وقد لا يمتد المسير الى أسفل على الاطلاق أو قد يمتد الى مسافة قصيرة جدا ، كما أنه قد يمتد الى عدة سلاميات .

وتنفصل حزمة المسير الورقى من الأسطوانة الوعائية من الجانبين فى وقت واحد عادة ، ولكن يحدث فى بعض الأحيان أن يظل أحد الجانبين منفصلا لفترة ما حتى عندما يتأرجح المسير للخارج داخل القشرة (شكل ٧٠ ، ز ، ح) وحينئذ يبدو المسير ، وهو يبارح الفرجة من جانبها أكثر من قاعدتها . وحينما يبرحها لا تكون واضحة نظرا لاندماجها بالفرجة الكبيرة .

عدد المسيرات الورقية فى المجموعات النباتية المختلفة :

تفاوت عدد المسيرات التى تغذى الورقة الواحدة كما بينا سابقا من واحد الى أكثر ففى عاريات البذور يكون واحدا أو اثنين أما فى كاسيات البذور فالعدد يختلف ما بين واحد أو ثلاثة أو خمسة أو أكثر . وقد يكون العدد البدائى بالنسبة لمجموعة كاسيات البذور هو الثلاثة . فاذا كان هناك مسير واحد ، فيجوز اعتبار هذا راجعا اما الى التحام المسيرات الثلاثة الأصلية أثناء التطور أو الى اختزال الثلاثة الى واحد بفقدان الحزم الجانبية . وعدد المسيرات الورقية الأكثر شيوعا فى النباتات الزهرية هو واحد أو ثلاثة . فالثلاثة المسيرات تميز تقريبا كل رتبة الامنتيفيريات^(١) وبمض الفصائل كفصيلة الوردية^(٢) والمركة^(٣) والاسفندانية^(٤) ويميز المسير الواحد بعض الفصائل مثل الفارية^(٥) والخلنجية^(٦) والشفوية^(٧) . ولا يتوقف عدد المسيرات على حجم الورقة أو نوعها أو بقائها ولا على طبيعة اتصالها ، فكثير من النباتات ذات الأوراق الكبيرة مثل الفراكسنوس ، لها مسير واحد ، فى حين أن نباتات أخرى مثل الجوز لها ثلاثة مسيرات ، وأراليا لها مسيرات متعددة . كما أن النباتات ذات الأوراق الصغيرة قد تكون لها مسير واحد أو أكثر . والأذينات الزهرية فى جنس الصفصاف ، والتى تعتبر أوراقا دقيقة موسمية ، لها ثلاثة مسيرات . أما الأوراق ذات القواعد

Rosaceae (٧)

Aceraceae (٤)

Ericaceae (٧)

Amentiferae (١)

Compositae (٧)

Lauraceae (٥)

Labiatae (٧)

الحاضنة ، فقد يكون لها عدة مسيرات كما في الفصيلة الخيمية أو يكون لها مسير واحد كما في الفصيلة القرنفلية .

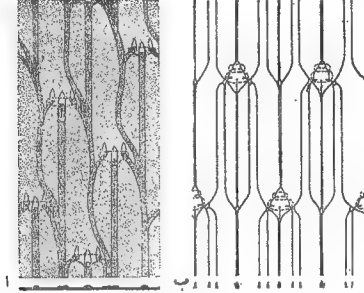
خروج المسير الورقى من الأسطوانة الوعائية :

تخرج المسيرات الورقية عادة من الأسطوانة الوعائية كل على حدة الى مسافات متباعدة على جوانب الساق وعمودية على المحور (شكل ٧٠ ط ، ي ، ك) . وفي كثير من الأحيان ، تخرج المسيرات جنباً الى جنب (شكل ٦٩ و ٧٠ ل) . وفي هذه الحالة تتكون فرجة واحدة للمجموعة . وتخرج المسيرات في أغلب الأحيان من ذلك الجزء من العمود الوعائى الذى يقع تحت موضع اتصال الورقة مباشرة ، وفي حالة وجود أكثر من مسير واحد للورقة الواحدة يظهر المسير الأوسط مقابلاً لمنتصف الورقة أما المسيرات الجانبية فتظهر بالتتابع حول الأسطوانة من مواضع تزداد بعدا وعلوا بالنسبة للمسير الأوسط (شكل ٧٠ ط ، ي) .

وقد يحدث أن تخرج المسيرات من العمود الوعائى من الجانب المقابل لموقع الورقة ، وفي هذه الحالة تدخل قاعدة عنق الورقة مباشرة اذا كان العنق يحيط بالساق الى مسافة كبيرة ، أو تحزم الساق داخل القشرة ، وهى تمر الى أعلى في طريقها الى قاعدة عنق الورقة . وهذه المسيرات التى تحيط بالساق الى مسافة ما وهى في طريقها من الأسطوانة الوعائية الى العنق ، يطلق عليها اسم « المسيرات الحازمة » (شكل ٧ ط ، ي) . وتعتبر المسيرات الورقية فى نخيل السيكاديات نوعاً متطرفاً من المسيرات الحازمة . ويكون المسير الأوسط هو أكبر الحزم فى المدد الوعائى للورقة عادة ، وتكون المسيرات الجانبية كأنها متتابعة من الحزم ، تصغر تدريجياً ناحية حواف قاعدة الورقة . على أن المسيرات الجانبية قد تكون أقوى من المسير الوسطى كما فى نبات البطاطس (شكل ٧٣) .

ويختلف كثيراً مقدار الزاوية التى يخرج عندها المسير من الأسطوانة الوعائية . فهى عادة صغيرة جداً ، اذ يخرج المسير تدريجياً من النخاع ماراً بميل أو أحياناً عمودياً تقريباً خلال القشرة (شكل ٧٠ ن ، س ، ع) . وأحياناً يتجه المسير الى الخارج بزاوية عمودية تقريباً على العمود الوعائى (شكل ٧٠ م)

ويدخل قاعدة الورقة بعد مسافة قصيرة جدا خلال القشرة . كما أن المسيرات الفرعية تخرج أيضا بزاوية عمودية تقريبا عادة .



(شكل ٧١)

اشكال تخطيطية للأجهزة الوعائية الابتدائية في السوق وفيها الأسطوانة مشقوقة طوليا وظاهرة من سطح واحد كما أنها مقطوعة عرضيا في مستوى قاعدة الجزء المئين في النظم الأمامي ، ١ - في نبات الحور الكندي : الأسطوانة متقطعة بالفرجات الورقية فقط وقد رقت بين أشرطة الخشب الأول التي تكون الهيكل الأساسي . ب - في نبات بيليا : وتتركب الأسطوانة من حزم تحتوي على خشب أول وقد ضاعت المساحات بينها بالاختزال . بالشكل ١ مبين أصل المسيرات الورقية أما بالشكل ب فمبين أصل المسيرات الورقية والفرعية

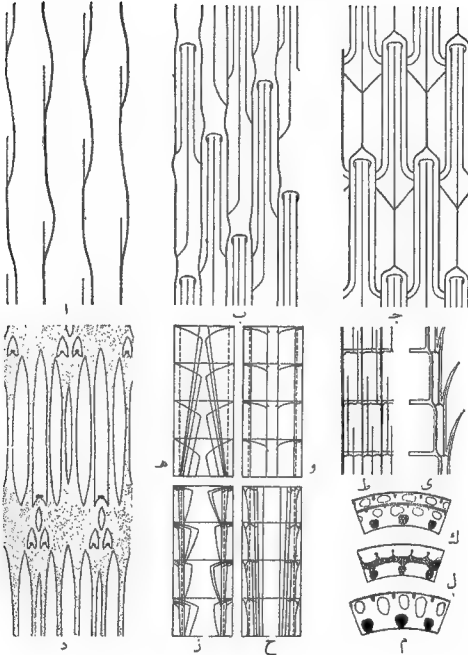
تجزؤ الأسطوانة الوعائية بالاختزال :

قد تنقطع الأسطوانة الوعائية الابتدائية الى أشرطة متفرقة بواسطة الفرجات وحدها . ويختلف عدد واتساع الأشرطة باختلاف نظام المسيرات الورقية والاقتراق الزاوي للأوراق وباختلاف طول وعرض الفرجات (شكل ٦٩ ح، ط) . وقد تنقطع الأسطوانة الابتدائية الى أكثر من هذا في نباتات كثيرة . وقد حدث هذا التقطع أثناء التطور نتيجة للاختزال المطرد في كمية الخشب الابتدائي ، ويكون هذا الاختزال أولا قطريا بحيث تصبح الأسطوانة نصيلة ، وثانيا مماسيا بحيث تفقد بعض الأشرطة الطولية في الأسطوانة (المبنية بخطوط رفيعة في شكل ١٧١) جميع الأنسجة الوعائية الابتدائية . وتسمى المناطق غير الوعائية في بعض الأحيان الأشعة بين الحزمية (الفصل الحادى عشر) ويوجد الاختزال المماسي

فى معظم النباتات العشبية من كاسيات البذور وبعض النباتات الخشبية منها ، وفى معظم هذه النباتات سرعان ما يغلف النمو الثانوى الأشرطة بين الحزمية ويطمر الأسطوانة الوعائية الابتدائية (الفصل السادس) . ولا يمكن رؤية هيكل الخشب الابتدائى بسهولة ، الا فى الأطوار الأولى للنمو ، وفى عدد قليل من الأعشاب — تلك التى تعتبر خطأ أمثلة نموذجية لمجموعة الأعشاب من الناحية التشريحية ، مثل أجناس الشقيق والقرع والجازعة واليليا — تكون المساحات الخالية من الأنسجة الوعائية واسعة جدا وغير مغلفة بالأنسجة الثانوية (شكل ٧١ ب) ويمكن رؤية الهيكل الابتدائى بسهولة فى هذه النباتات حتى فى النبات الكامل (تنمة دراسة تركيب الساق فى الفصل الحادى عشر) .

وتكون الأسطوانة الوعائية الابتدائية المجرأة بواسطة فرجات الأوراق والأفرع أو بهذه الفرجات مضافا إليها الأشعة بين الحزمية ، تكون شبكة من الأشرطة المترابطة بشكل مميز لكل نوع من الأنواع النباتية ، ويحدث التشابك غالبا فى المناطق العقدية بحيث تمتد خلال السلاميات حزم طويلة مستقيمة (شكل ٧١ ب ، ٧٢ ، ج) . وفى كثير من ذوات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين ، لا تقع الحزم فى شكل أسطوانة ، بل ترتب فى شكل حزم سائبة بحيث تظهر مبشرة فى القطاع العرضى وفى بعض السرخسيات مثل تبريديوم^(١) وفى عدد ضخم من ذوات الفلقتين كجنس دياتير^(٢) تكون الحزم أسطوانة مفتوحة ، ولكن عددا قليلا من الأشرطة تمر خلال القشرة أو النخاع . وفى جميع السوق على وجه الاطلاق ، تكون المناطق العقدية أكثر تعقيدا من السلاميات . ففى ذوات الفلقة الواحدة تتكون عند العقد تراكيب غاية فى التعقيد (شكل ٧٢ هـ - م) وذلك لكثرة عدد الحزم ولا يوجد غير القليل من المعلومات ، بخصوص النظام الأساسى لهذه العقد ، وفى بعض هذه الحالات ، يوجد بعض أوجه الشبه بينها وبين التركيب العقدى فى النباتات العشبية من ذوات الفلقتين .

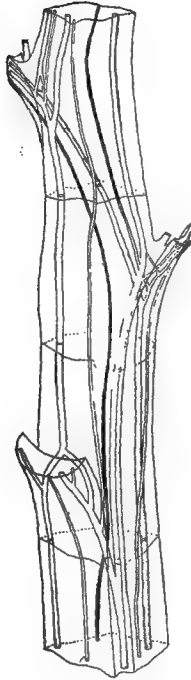
وقد أمكن تمييز الحزم فى الأسطوانة الابتدائية المتقطعة الى حزم مسيرية ورقية وحزم ساقية أو قائمة وحزم مشتركة . ولكن استعمال هذه الأسماء لم يثبت بعد ، كما أن التفرقة بين الأنواع الثلاثة أمر ليس بالسهل وغير ذى أهمية



(شكل ٧٢)

أشكال تشظيحية للجهاز الرمائي الابتدائي في السوق : ١ - د أسطوانة مفتوحة ويظهر منها سطح واحد في ١ . نبات التوتية (١) وتبين الخطوط أربطة عرضية منفصلة من بعضها بتقطعات غشقة . ب - في نبات الزمرد (أو الزربيع) ج - في نبات أريزين د - في نبات اندرا (٢) صرح أنواع مختلفة لمسلك الحزمة في ذوات اللقطة الواحدة وتشير الخطوط الأفقية إلى العقد والخطوط الرأسية المنقطعة إلى حدود وهمة للقصرة : هـ - في نوع من التخيل و - في نبات ترادسكانتيا (٣) ز - في ريزومة نبات الكوراس (٤) ح - في نبات سكيريبيس سبرنياس (٥) في نبات دوليكيرم (٦) : ط - الجهاز الحزمي كما يرى من سطح واحد ي - قطاع طولي لسم قطاعات عرضية : ك - أعلى العقدة ل - مارا بالعقدة م - أسفل العقدة

Tradescantia virginica (٣)	Ephedra (٧)	Thuja (١)
Dulichium arundinaceum (٦)	Scirpus cyperinus (٥)	Acorus Calamus (٤)



(شكل ٧٣)

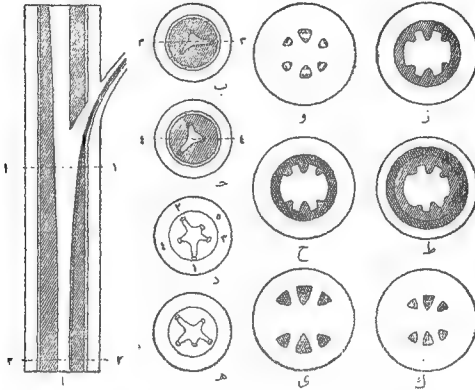
الجهار الومالى الابتدائى لساق البطاطس . ويلاحظ أن التركيب المكدى المركب يتكرر هند كل مقددة بحيث تصبح جميع المقدد والسلاميات متشابهة فيما عدا موضع الحزم فى الساق . وتكون الحزم الكبيرة مساقية فى حين أن الحزم الصغيرة تكون مشتركة . جميع هذه الحزم ترتبط ببعضها بمد ذلك بواسطة روابط رفيعة من نسيج ومالى ابتدائى يتكون مؤخرًا (غير ظاهر بالشكل) وبعد ذلك ينظم الهيكل الابتدائى بجملة بواسطة الأنسجة الثانوية

كبيرة . فالخزمة التى تتصل على بعد بالجهاز الوعائى للورقة ، حتى ولو كانت النقطة التى نشأت منها تقع على مسافة كبيرة أسفل الورقة — تعتبر خزمة مسير (ذلك لأن تعريف مسير الورقة محدد بالجزء من الخزمة الواقع بين نقطة خروجه من العمود الوعائى وقاعدة الورقة) . ويستخدم لفظ « الخزيم الساقية » عادة لتلك الخزيم التى تكون معظم الجهاز الوعائى للساق والخزيم التى تتفرع لتتحد بحزم مماثلة والتى قد تنشأ منها حزم المسير الورقى ولكنها لا تنتهى على شكل مسيرات ورقية . ويطلق لفظ « خزمة مشتركة » غالبا على الخزيم التى تمر خلال الساق لمسافة ما دون أن تتفرع ثم تنتهى كمسيرات ورقية فهى حزم مشتركة بين الساق والورقة . والواقع لفظ « خزمة مشتركة » هو مجرد اسم آخر للجزء من خزمة المسير الورقى الواقع داخل الأسطوانة الوعائية . ويمكن بكل بساطة تسمية الخزيم الموجودة بالساق « بحزم الساق » و « حزم المسير الورقى » فالاستعمال المنطقى لأسماء هذه الخزيم يتوقف على تفسير وضعها الأساسى من الناحية الشكلية — هل تعتبر الأسطوانة الوعائية للساق وحدة أساسية أم تعتبر مكونة من مسيرات ورقية ملتحمة . ولا يتسع المجال هنا لدراسة أكثر تفصيلا لهذا الموضوع .

التركيب العام للأسطوانة الوعائية الابتدائية :

فى معظم كاسيات البذور الخشبية وفى بعض كاسيات البذور العشبية ، لا تنقطع الأسطوانة الوعائية الابتدائية كثيرا بواسطة مجموعات برنشيمية بين خزمية ، كما فى التكوينات التى سبق شرحها . ولكنها تشق فقط بواسطة فرجات ورقية وفرجات فرعية متباعدة وصغيرة نسبيا . فى هذه الصفائح الأسطوانية من النسيج توجد عادة حواف بارزة ناحية النخاع (شكل ٧١ ، ٧٤ و — ك) . هذه الحواف البارزة تقابل الخزيم من الناحية الشكلية فى العمود الوعائى المتقطع . وأثناء التطور التكوينى للأسطوانة الوعائية تتم هذه الحواف البارزة نموها أولا ، مبتدئة بالحواف الأكبر والأكثر بروزا . كما تتضج الأجزاء الداخلية من الأشرطة الأولى والتى تتكون من الخشب الأول . وتتكون بعد ذلك حواف أقل بروزا تحتوى على قليل من الخشب الأول أو قد لا تحتوى عليه إطلاقا . وعندما تكون الساق صغيرة جدا ، والحواف الرابطة من الخزيم لا زالت غير متميزة ، تتكون الحواف البارزة من حزم متباعدة (شكل ٧٤ و) وعندما يتم فضج النسيج

الوعائي وتتحذ الحزم في شكل أسطوانة (شكل ٧٤ ز) تظل الأشرطة الأولى بارزة وذلك لقرعها من مركز النخاع ولوجود الخشب الأول بها . وفي تلك



(شكل ٧٤)

١ - ه أشكال تخطيطية تبين تأثير المارحة التدريجية للمسر على شكل النخاع : ١ - ه من نبات النوس
د ، ه من نبات البليوط ١ - قطع طولي (في مستوى ه - ه من ب) ب ، ه قطاعات عرضية للمساق
المبين في ١ في المستويات ١ - ١ ، ب - ب على التوالي (تخرج المسرات بما لانفراق زاوي قدره $1/4$)
د ، ه قطاعات عرضية اساق مماثلة مع انفراق زاوي قدره $1/4$ ، د أسفل ه بسلامية واحدة والمسرات
مرتومة حسب ترتيب خروجها ١ ، ب ، ه ، د ، ه ، و - ه قطاعات عرضية تخطيطية تبين شكل
الأسطوانة الوعائية الابتدائية والحواف البارزة للداخل والتي تمثل حزاماً ساقية وحزم مسرات
ورنية كما تظهر في السليمية (و - ط على أساس نبات الحور) و - ساق حديثة وقد نضج بها
الخشب الابتدائي الأول فقط والذي يكون الحواف البارزة ، د - الحواف البارزة وقد اتصلت
بما تكون بعد ذلك من خشب ابتدائي ، ح - الحواف البارزة وقد اتصلت بواسطة الخشب الثانوي
فقط ، ي - الحزم الابتدائية الأولى وقد تكون خارجها خشب ثانوي دون أن متصل ، ك - ه مثل ي
مع عدم وجود خشب ثانوي (اللحاء غير مبين في الأشكال و - ك)

النباتات التي لا تلتحم فيها الحزم ببعضها أثناء النمو الابتدائي بواسطة أنسجة
وعائية ابتدائية تتكون عند ذلك أسطوانة من أشرطة ابتدائية منعزلة ولكن هذه
الحزم قد تلتحم عن طريق النمو الثانوي (شكل ٧٤ ح) وبذلك تتكون في
النهاية أسطوانة كاملة من التحام الحزم الابتدائية الأولى ، اما عن طريق نمو
ثانوي (الفصل السادس) . وفي الحالات التي لا تتكون فيها أنسجة رابطة

لا ابتدائية ولا ثانوية فانه يتكون عمود وعائى مركب من أشربة متفرقة (شكل ٧٤ ى ، ك) يطلق عليه اسم « الطراز العشبي » . وهذا الوضع يشبه الى حد كبير الطور البدائى لأسطوانة وعائية كاملة عند ظهور الحزم الأولى وفى بعض الأعشاب من ذوات الفلقتين مثل العشار وهبيركم وديجتالس^(١) لا توجد أشربة بارزة من الخشب الأول اللهم الا بعض المسيرات الورقية بالقرب من نقطة خروجها وذلك لأن الخشب الأول يبدأ فى الظهور كله دفعة واحدة تقريبا وموزعا بانتظام حول الأسطوانة .

وأكثر ما يظهر من البروزات الناتئة داخل النخاع — كما يتضح فى القطاع العرضى للأسطوانة الخشبية فى الساق — هى حزم المسيرات الورقية عادة ، وأكبرها المسيرات الورقية الوسطى للأوراق العليا مباشرة . وكلما اقتربنا من العقدة ، يقل وضوح هذه المسيرات الكبرى تدريجيا ، وتبدو كتسوءات بارزة فى النخاع لأنها تتأرجح للخارج ، اما تدريجيا (شكل ١٧٤) أو فجأة ، ثم تميل الى الاستقرار بين أسنان الأسطوانة الوعائية وليس فوق النقاط البارزة (شكل ٧٤ ب — هـ) . ويحدث بعد ذلك أن تمتد داخل الأسطوانة الوعائية حواف بارزة من النخاع . وكلما اتجهت المسيرات للخارج ازدادت بروزات النخاع فى العرض حتى تخترق الأسطوانة الوعائية أعلى المسير مكونة فرجة ورقية . وقد يدل شكل النخاع فى القطاع العرضى دلالة واضحة على الافتراق الزاوى للأوراق فى النبات . اذ يظهر الافتراق الزاوى بمقدار $\frac{1}{3}$ فى نخاع مثلث الفصوص كما فى جنس النوس^(٢) (شكل ١٧٤ هـ — ح) وبمقدار $\frac{2}{3}$ فى نخاع خماسى الفصوص كما فى جنس البلوط^(٣) وجنس الحور^(٤) (شكل ٧٤ د ، هـ) وبمقدار $\frac{1}{4}$ فى نخاع بيضى الشكل كما فى جنس الموس^(٥) . أما فى السلاميات الطويلة ، فإن الحواف البارزة للنخاع تظهر فقط حيث تمر المسيرات مائلة للخارج تدريجيا فكلما تدرج المسير فى الخروج ، كلما ازداد فص النخاع طولا وعمقا ، وقد يخفى التفصص اذا زاد عدد المسيرات للورقة الواحدة عن واحد ولكن عادة تكون المسيرات الجانبية أصغر وتمر للخارج بتدرج أقل كثيرا عن المسيرات المتوسطة بحيث يكون تأثيرهما على شكل النخاع ضئيلا .

Ainus (٢)
Populus (٤)

Digitalis, Hypericum, Asclepias (١)
Quercus (٣)
Alnus (٥)

وقد تكون الحزم الأولى من حيث العدد قليلة أو كثيرة سواء ظلت منفصلة الى النهاية ، أو التحمت لتكون أسطوانة ، كما أنها تختفى اذا تكونت أسطوانة كاملة غير متقطعة ، سواء تكونت هذه الأسطوانة من أنسجة ابتدائية فقط ، أو اكتملت نتيجة لنمو ثانوى . أما في ذوات الفلقة الواحدة فان كثرة عدد الحزم وتعمد نظامها يجملان فهم ترتيبها من الأمور العسيرة عادة .

النخاع

يكون النخاع جسما من النسيج أسطوانى الشكل تقريبا ويقع في مركز المحور ومحاط بالأنسجة الوعائية (شكل ١٣٥) . وبالسطح الخارجى للنخاع أخاديد ناتجة عن بروز أشربة الخشب الأول للداخل وتوجد بالنخاع في بعض النباتات حواف بارزة وذلك لامتداده على هيئة أشعة بين الحزم وفي مواضع فرجات الأوراق والأفرع كما يتوقف عدد هذه الأخاديد وعمقها وترتيبها على النظام الهيكلى للنبات وعلى صفات أخرى .

تركيب النخاع :

يتركب النخاع من نسيج منتظم معظمه من الخلايا البرنشيمية المرتبة ترتيبا فسيحا بحيث تضم في أغلب الأحيان مسافات بينية واضحة . كما أنها قد تنتظم في بعض النباتات في صفوف طولية (شكل ١٤٣ ، ١٤٤ ، ١٤٥) . وتختلف خلايا النخاع في الشكل كثيرا ولكنها غالبا متساوية الأبعاد أو أسطوانية ذات جدر سليولوزية رقيقة . وقد يوجد علاوة على ذلك خلايا برنشيمية ملجنة ذات جدر غليظة ، أو سكلريدات مرتبة في مجموعات متباعدة مكونة أقراصا أو حجبا متينة ، تكون ما يسمى بالنخاع المحجب أو الغشائى . ويوجد نوعان من النخاع المحجب : نوع تصمد فيه الخلايا الصغيرة رقيقة الجدر المحصورة بين الأقراص كما في نباتى نسا^(١) والليروندرون^(٢) ونوع تضمر فيه هذه الخلايا عندما تقترب من نهاية الموسم الذى تكونت فيه كما في الجوز^(٣) وتوجد الألياف بالنخاع في حالات نادرة ، حيث توجد في الأجزاء المتطرفة التى تنتمى من الناحية الشكلية للأنسجة الوعائية الابتدائية وخاصة اللحاء الداخلى . وتمتاز خلايا النخاع ، وهو في دور التكوين ، بالنشاط وباحتوائها في بعض الأحيان على

بلاستيديات خضر في الأفرع المورقة . ولكن عندما يتم نضجه يقل نشاط الخلايا وتقعد بعضها أو كلها محتوياتها الحية وبذلك توجد بالنخاع خلايا حية وخلايا ميتة بنسب متفاوتة . وتتفاوت هذه النسب في الأجزاء المختلفة من النبات كالعقد والسلاميات كما تختلف في الأنواع المختلفة من الجنس الواحد . وتظل الخلايا الصغيرة والقريبة من النسيج الوعائي حية عادة ، وتكون مع الخلايا التي فقدت حيويتها نظاما محددًا . وتقوم خلايا النخاع الحية في النباتات الخشبية بالادخار في فترات السكون فتمتلىء بالمواد الدهنية .

ويكون النخاع عادة كبير الشبه بالقشرة في النبات الواحد ، وذلك من حيث أنواع الخلايا والمسافات البينية والأنسجة الإفرازية ومحتوياتها الحية ، وذلك فيما عدا الخلايا الواقية والعمادية والتي تقوم بعملية البناء الضوئي فهذه قد تندر أو تنعدم في النخاع .

وفي أثناء التطور التكويني للساق تتم خلايا النخاع نموها في كثير من النباتات في وقت مبكر جدا ، وما زالت الأنسجة المحيطة بها مرستيمية ومستمرة في الاستطالة ، بحيث قد يتمزق النخاع قليلا أو كثيرا . أما إذا كانت هناك زيادة ملحوظة في الغلظ تجري في نفس الوقت مع الزيادة في الطول يتمزق النخاع بحيث يصبح « نخاعاً أجوف » ويبطن التجويف المتكون في هذه الحالة بالخلايا المتقطعة (شكل ١٣٥ د ، ١٣٦ ح) . هذا الوضع شائع بين النباتات العشبية ولكنه نادر بين النباتات الخشبية — وتتكون في بعض الحالات التي لا يتمزق فيها خلايا النخاع تمرقا عنيقا فجوات أو قنوات مختلفة الحجم . ويرجع تكون الحجب العقدية إلى وجود خلايا مغلظة عند العقد ، أو إلى النمو السريع للسلاميات ، بحيث تتمدد المناطق العقدية إلى درجة أقل بكثير من تمدد السلاميات (فزيادة حجم البرعم ترجع أساسا إلى نمو السلاميات) .

الفرد النخاعي :

تتكون الطبقات الخارجية المحيطة بالنخاع في كثير من السوق من خلايا صغيرة غليظة الجدر عادة متلاصقة إلى حد ما وغنية بالبروتوبلازم ، وبالرغم من أن هذه الطبقات تختلط بالمنطقة المركزية إلا أنها كثيرا ما يتميز على أنها « غمد نخاعي » أو منطقة نخاعية محيطة . وفي حالة وجود اندودرمس داخلي ، فإنها

تفصل هذه المنطقة عن منطقة النخاع الأصلية . وتمثل الأجزاء الموجودة الى أقصى الخارج من هذا الغلاف ، برئشمية الخشب الابتدائي وذلك لأن مجموعات الخشب الأول من قصيبات وأوعية تمتد داخله في حالة وجود لحاء داخلي ، وتقع مجموعات الأنايب الغريالية بالقرب من منتصف الغمد ولذلك فإن هذه المنطقة لا تعتبر من الناحية الشكلية جزءا من النخاع .

وقد تكون خلايا الغمد النخاعي برئشمية كما في كثير من النباتات التي تنتمي الى فصائل الرمامية والسوسية وفصيلة لبان الثور أو سكلرنشمية كما في بعض نباتات الفصيلة المركبة والفصيلة الخيمية وأحيانا تكون برئشمية وسكلرنشمية معا . ونادرا ما توجد بها ألياف وفي هذه الحالة توجد مرتبطة أساسا باللحاء الداخلي .

نخاع الجذور :

تتميز الجذور بافتقارها الى نخاع . ويشبه في تركيبه نخاع الساق ان وجد في نفس النبات ، وان كان أكثر منه تجانسا ، كما أنه لا يتعرض لأي تمزق . ويكون نخاع الجذر أسطوانيا الى درجة أكبر من الساق لأن أطراف الخشب الابتدائي لا تمتد داخله ، كما أن الأسطوانة الوعائية تخلو من وجود فرجات بها .

بقاء النخاع :

يصمد النخاع الى مدى غير محدود في كل النباتات تقريبا . وفي السوق الخشبية تتأثر خلايا النخاع بالتغيرات التي تحدث أثناء تكوين الخشب الصيمي للحلقات السنوية الأولى . ولكن هذه الخلايا تظل في معظم النباتات الخشبية محتفظة بحيويتها حتى يطرأ عليها هذا التغير . وفي بعض النباتات الأخرى تموت جميع خلايا النخاع في وقت مبكر . ولا يتفتت النخاع نتيجة لضغط الحزم الوعائية أثناء النمو الثانوي ، وان كان تفتتا من نوع خاص ، يحدث فقط في قليل من الكروم الخشبية ذات التركيب الشاذ في الساق ، كما في جنس الزراوند وذلك أثناء النمو الثانوي . وفيما عدا ذلك لا يطرأ على النخاع أي نمو أو تغير بعد تمام النمو الابتدائي للمحور ، ولذلك فإن النخاع في جذوع الأشجار وفي السوق المسنة الأخرى يبقى من حيث حجمه وشكله وتركيبه على نفس الحالة

عليها في الفرع الحديث حين بدأ النمو الثانوى وان اختلف فقط في عدم وجود البروتوبلاست في خلاياه وفي صفاته الكيميائية .

البريسيكل

البريسيكل عبارة عن نسيج على هيئة أسطوانة رقيقة تتكون على الأكثر من بضعة صفوف من الخلايا تغلف الأنسجة الوعائية ، يحده من الداخل اللحاء الابتدائى ومن الخارج الاندودرمس . أما في حالة وجود الاندودرمس فان البريسيكل يختلط بالقرشرة . ويتكون البريسيكل في الحالة النموذجية من خلايا برنشيمية كما في معظم الجذور وفي سوق التريديات . أما « ألياف البريسيكل » التى توجد بوفرة في بعض النباتات فقد تبين في السنين الأخيرة ، أنها جزء من اللحاء الابتدائى ، فهي في الواقع تلك الخلايا التى كانت تحيط بعناصر اللحاء الأول واختفت في وقت مبكر أثناء تكوين هذا النسيج ، ولا يعرف الآن الى أى مدى يمكن اعتبار ألياف البريسيكل بوجه عام أليافا لحائية ، بالرغم من أنه قد ثبت بشكل قاطع ، أن كثيرا من ألياف البريسيكل ، كذلك الموجودة في نباتات التيل والكتكان هي في الواقع ألياف لحائية . كما أنه لا يزال من غير المعروف ، اذا كانت تلك الألياف التى تتبادل مع مجموعات اللحاء الأول تنتمى الى اللحاء أم لا . (ولذلك فدراسة التطور التكويني لهذه المنطقة لازمة لامكان تحديد النسيج الذى تنتمى اليه تلك الألياف المسماة « بألياف البريسيكل » .

وقد قيل بعدم وجود بريسيكل في سوق كثير من نباتات كاسيات البذور وذلك لأن الألياف التى كان يظن أنها تكون معظم هذه الطبقة تنتمى الى اللحاء . ويوجد بريسيكل واضح ومحدد في ساق وجذر النباتات اللازهرية الوعائية كما يوجد في جذور النباتات البذرية . وقد يخفى البريسيكل في سوق بعض النباتات البذرية وتوجد الاندودرمس حقيقية أو أثرية في سوق بادرات كثيرة من كاسيات البذور وفي قواعد سوق كثير من الأعشاب كما يوجد شريط ضيق من خلايا برنشيمية يفصل الغلاف الاندودرمى عن اللحاء . ويمثل هذا الشريط اما أقصى طبقة للخارج من اللحاء الابتدائى أو طبقة بريسيكل شبيهة بالطبقة الموجودة في الجذر ومتصلة بها وتقع ألياف اللحاء الأول ملاصقة للانودودرمس في نباتات أخرى وخاصة الأعشاب الخشبية مباشرة دون وجود طبقة بريسيكل ولذلك تحتاج منطقة البريسيكل الى دراسة دقيقة ومفصلة .

وتتكون البريسكيل في الجذور عادة من خلايا برنشيمية ويكون البريسكيل في هذه الحالة منشأ الأنسجة البرنشيمية التي تتكون منها الجذور الجانبية وطبقات الكميوم القلبي التي تتكون فيما بعد كما ينشأ منه الكميوم الثانوي في الأعمدة الوعائية الشاذة . لهذا السبب ترجع تسمية البريسكيل في الجذور قديما بالكميوم المحيطي . كما تظهر الجذور والسوق العرضية عادة من البريسكيل . وقد تتلجن أو تسوبر خلايا البريسكيل في الجذور المسنة .

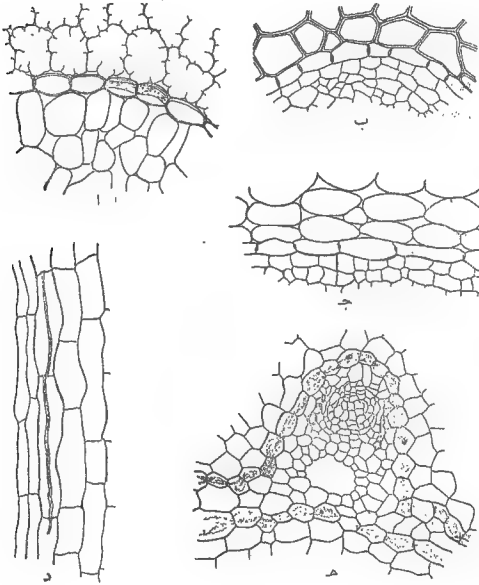
وتتشرك خلايا البريسكيل البرنشيمية في وظيفة الادخار مع الخلايا المشابهة في المناطق الأخرى . كما قد تحتوي البريسكيل على خلايا وقنوات افرازية ، لبنية ، وأنواع أخرى من الخلايا المتخصصة .

الاندودرمس (البشرة الداخلية)

يتكون الاندودرمس من طبقة من صف واحد من الخلايا تفصل العمود الوعائي عن القشرة ولا توجد بين هذه الخلايا أية مسافات بينية ، كما أن لها صفات تركيبية خاصة تختلف عن الخلايا الأخرى فهي في الحالة النموذجية مستطيلة مع موازاة طولها لمجرى النسيج الوعائي وجدرانها الطرفية مستعرضة . كما أنها يضيئة في القطاع العرضي وتقع بحيث يكون محورها الطويل في اتجاه مماسي وهي شبيهة بأية خلايا برنشيمية أخرى من حيث محتوياتها الحية . وقد يوجد بالخلايا نشا أو تانين أو مواد هلامية في كثير من الأحيان كما يوجد بها في بعض الأحيان بللورات بوفرة في جنس ابيوس

وتتميز خلايا الاندودرمس بميزة هامة هي وجود مادة شمعية شبيهة بالكيوتين والسوبرين في أجزاء محددة من الجدار وهذه المادة تجعل هذه الأجزاء غير منفذة للماء وهي تصطبغ الى حد ما بالصبغات التي تصبغ مادة اللجنين ، وقد سميت هذه المادة حديثا لجنوسوبرين . وخلايا الاندودرمس نوعان : نوع رقيق الجدار ونوع غليظ الجدار . وفي النوع الأول تتخذ أجزاء الجدار المتحورة شكل أشرطة تسمى أشرطة كسبار وتحيط هذه الأشرطة بالخلية احاطة تامة حول جدرانها القطرية والطرفية (شكل ٧٥) وتختلف هذه الأشرطة في عرضها من خيوط دقيقة الى أشرطة عريضة تحتل الجدار القطري بأكمله . وقد تختلف هذه الأشرطة عن بقية الجدار من حيث طبيعتها الكيميائية ولكنها تكون أكثر غلظا منه عادة ويطلق على

هذه الأشرطة في القطاع العرضي (شكل ١٧٥ - أ) اسم نقط كسبار أو نقط قطرية . هذا النوع من الأندودرمس رقيق الجدر هو النوع الأكثر شيوعا ويسمى في بعض الأحيان النوع الابتدائي . ويبدو أن هذا النوع يمثل الطور الأول -



(شكل ٧٥)

الأندودرمس : (١) قطاع عرضي في ورقة الصنوبر يبين الأشرطة الكسبارية في القطاع العرضي والجدر الطرفية في منظر أمامي (ب) قطاع عرضي في ريزوم سرخس - بوليبوديوم (عديد الأرجل) (أ) ، (د) قطاع عرضي وقطاع طولي في ساق نبات لوييليا يبينان النقط القطرية والأشرطة الكسبارية في منظر أمامي على الجدر القطرية (هـ) قطاع عرضي في الأندودرمس الخارجى والداخلى في ساق ذيل الحصان أكويزيتم يبين محتويات الخلية متبلزمة ولكنها محتفظة بالصلاتها بالأشرطة الكسبارية

بعد المرستيمى - فى التطور . اذ يبقى بعد تمام النمو فى النباتات التريدية وبعض ذوات الفلقتين .

أما فى الاندودرمس غليظ الجدار فان الجدر الداخلية والقطرية وفى بعض الأحيان جميع الجدر تتغلظ (شكل ٧٦) بواسطة صفائح من السوبرين تتسرب على الجدار الأول بما فى ذلك الأشرطة الكسبارية . ولهذا يسمى هذا النوع بالثانوى ولكنه ليس نسيجا ثانويا . وقد يزداد التغلظ الى حد كبير بحيث يملأ معظم فراغ الخلية (شكل ١٧٦) ويكون الجدار الغليظ فى هذه الحالة شديد « التسوير » كالأشرطة الكسبارية ويحدث فى الأطوار الأخيرة من هذا التغلظ أن تكون الصفائح جلها أو كلها من السيلولوز وفى هذا النوع من الاندودرمس غالبا ما تظهر بين مكان وآخر خلايا منزلة رقيقة الجدر تسمى خلايا موصلة أو خلايا مرور . لا توجد فى هذه الخلايا أى مناطق مسورة . وتقع هذه الخلايا فى الجدر مقابل الخشب الأول . وقد تستقر كثيرا جدرها القطرية والمماسية وتظهر هذه النقر أيضا فى الشريط الكسبارى اذا كان عريضا . أما الجدر الطرفية فقد يوجد فيها قليل من النقر أو قد لا يوجد بتاتا .

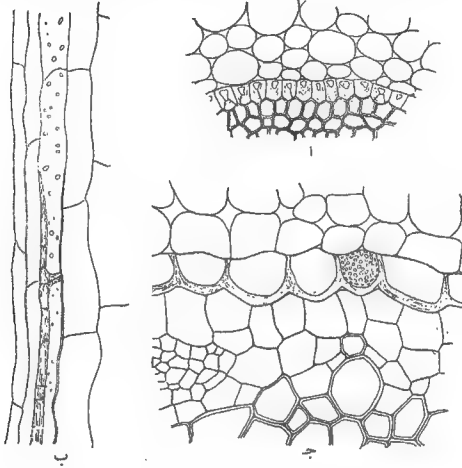
ويوجد النوع الابتدائى فى التريديات وفى معظم ذوات الفلقتين أما النوع الثانوى فتميز به نباتات ذوات الفلقة الواحدة .

توزيع الاندودرمس وموضعه :

يرتبط الاندودرمس من حيث موضعه فى جسم النبات ارتباطا وثيقا بالجهاز الوعائى . ففى الحالة النموذجية يقع الاندودرمس خارج الخلايا الوعائية اما ملاصقا لها مباشرة أو خارج البرسيكل وبذلك تفصل العمود الوعائى عن القشرة . ويوجد اندودرمس داخلى فى سوق بعض النباتات . وتعتبر هذه الطبقة من الناحية الشكلية ، جزءا من الاندودرمس الخارجى ، تفصل العمود الوعائى عن النخاع .

وقد اعتبر الاندودرمس الطبقة الداخلية من القشرة ، كما اعتبر أيضا الطبقة الخارجية من العمود الوعائى . فقد قيل باتمائها الى القشرة على أساس نشأتها ، ذلك لأنها تنشأ عادة من نفس الخلايا الوالدية التى تنشأ منها خلايا القشرة الداخلية .

على أنه قد تبين أن الاندودرمس ، يمكن أن ينشأ في الساق من خلايا الكبيوم الأولى الوالدية ، التي تكون خلايا البريسيكل واللحاء الأول . أما في الجذور فهي



(شكل ٧٦)

الأنواع ذات الجذر الغليظة من الاندودرمس : (١) قطاع عرضي ، (٢) قطاع طولى في جلد نبات سميلاكس (٣) قطاع عرضي في جلد نبات الموز

تنتمي من حيث نشأتها كنسيج اما للعمود الوعائي أو الى القشرة . أما من الناحية الوظيفية ، فمن الواضح أن الاندودرمس يكون طبقة تفصل بين منطقتين وقد اعتبر هنا الاندودرمس — لسهولة الوصف — الطبقة المحددة للعمود الوعائي .

وطبقة الاندودرمس التي تحدد النسيج الوعائي من الداخل وتفصله فصلا تاما عن النخاع تسمى اندودرمس داخلي (شكل ٧٥ هـ) . مثل هذه الطبقة

ليست من الناحية التركيبية مميزة عن الاندودرمس الخارجى حيث أنهما يستمران خلال الفرجات الورقية والفرعية . ولا يقوم الاندودرمس بتحديد النسيج الوعائى فى المحور فحسب بل انما قد يحيط بالحزم الوعائية فى الأوراق أيضا كما فى جنس لسان الحمل^(١) . وربما بشكل متحور فى النجيليات ويعرف حينئذ « بالغلّف النخاعى » . ولكنها ليست بهذا الوضع صفة ثابتة للنباتات الوعائية . وتوجد طبقة الاندودرمس فى جميع الجذور وتتخلل النبات كله فى معظم التريديات . أما فى عاريات البذور فتتميز بها الأوراق ولكنها تختفى غالبا من السوق . ويوجد الاندودرمس فى كاسيات البذور فى بعض أجزاء السوق فى غالبية الأنواع العشبية كما توجد أيضا فى النباتات المائية وفى نباتات البيئات الرطبة وفى النباتات الزاحفة وفى كثير من البادرات وفى اليزومات وبعض قواعد الأوراق وفى قواعد السوق مع عدم وجودها فى أجزاءها العليا . وينعدم الاندودرمس عامة فى السوق الخشبية وفى أوراق كاسيات البذور . أما فى النباتات العشبية فالاندودرمس أكثر شيوعا فى الفصائل الراقية وعلى الأخص ذوات الفلقتين منفصلة البتلات وملتحمة البتلات . وفى النباتات ذوات الفلقة الواحدة حيث يكون الاندودرمس أكثر شيوعا من ذوات الفلقتين يوجد عادة النوع الثانوى منه . وفى سوق كثير من النباتات التى تفتقر الى اندودرمس نموذجى توجد طبقة من الخلايا قريبة الشبه بالاندودرمس ولكن جدرانها سليولوزية بسيطة تحل محل الاندودرمس ويرجح أن تكون هذه الطبقة اندودرمسا ثريا .

وقد يختلف اختلافا بينا وجود الاندودرمس فى جنس ما أو حتى فى نبات بذاته ففي جنس الفلفل مثلا ، قد يوجد الاندودرمس على هيئة أسطوانة كاملة من خلايا نموذجية وقد يوجد على هيئة طبقة أثرية . بل قد يكون الاندودرمس طبقة غير متصلة توجد فى بعض السلاميات ولا توجد فى البعض الآخر . كما أنها قد توجد مقابل الحزم الوعائية وتعدم فيما بينها .

وظيفة الاندودرمس المرتبطة بتركيبه :

لقد كانت وظيفة الاندودرمس وما زالت موضع أخذ ورد منذ أن بدىء فى دراستها . وقد عزى اليها عدة وظائف بنى معظمها على أساس علاقتها الظاهرة

بالماء والنسيج الوعائي ، اذ تبدو طبقة الاندودرمس كطبقة غير منفذة للماء بين الخلايا الوعائية والأنسجة المحيطة خصوصا حيث تكون أعضاء النبات في موقع رطب أو مبتل ، ولكنها توجد أيضا في كثير من نباتات التربة الجافة وفي أوراق عاريات البذور ذات البيئة الجفافية ، ويمكن اعتبار عدم وجودها في الأغصان الخشبية راجعا الى فقدانها أثناء مراحل التطور ، ويمكن الاستدلال على أن الاندودرمس نوع من سدود المياه بأنها (أولا) تفتقر دائما الى المسافات البينية و (ثانيا) جذرها تكون مكوتنة أو مسويرة الى حد ما بحيث أن النوع ذا الجذر الرقيقة لا يستطيع الماء أن ينفذ خلاله الا عن طريق الجذر المماسية والبروتوبلاست ، أى خلال غشاء شبه منفذ . ولذلك اعتبر الاندودرمس طبقة ممررة تفصل مناطق تختلف في ضغطها الاسموزى ، وتمنع فقدان الأملاح والغذاء من النسيج الوعائى أيضا .

ومن بين الوظائف العديدة والمتباينة التى أسندت الى طبقة الاندودرمس في العصور المختلفة ما يأتى : (ا) كطبقة واقية ميكانيكية أى أنه يمكن اعتبارها بشرة اضافية داخلية (وبهذا الوضع تقوم الاندودرمس الثانوية في جذور ذوات الفلقة الواحدة بالوقاية عند تمزق القشرة مع العلم بأن معظم طبقات الاندودرمس ذات طبيعة رقيقة) . (ب) لها علاقة بالمحافظة على الضغط الجذرى (ج) تعمل كسد هوائى يمنع الخلايا الموصلة للماء من انسدادها بالهواء .

وقد أوحى وجود النشا في خلايا الاندودرمس بنظريات أهملت منذ فترة طويلة — بأن الاندودرمس هو « غلاف نشوى » موصل للكربوايدرات أو طبقة تحدد المواد المدخرة من الداخل أو من الخارج . كما أن وجود حبيبات النشا ونوعها وسلوكها في بعض النباتات ، قد أدت أيضا الى النظرية التى تقول أن هذه الطبقة هى عضو « توجيه » بمعنى أن هذه الحبيبات تعمل كآحجار توازن وتغير وضعها في السيوبلازم تولد حوافز حسية تؤدي الى تغير اتجاه عضو النبات . مثل هذه الوظيفة ، قد تتميز بها فعلا الاندودرمس في نباتات معينة وفي أجزاء معينة من النبات اذ أن حبيبات النشا ليست دائما موجودة في خلايا الاندودرمس كما أنها في أنواع كثيرة من خلايا الاندودرمس لا تستطيع أن تتنقل من مكان لآخر في الخلية كلما تغير اتجاه عضو النبات لوجود بعض الأصماغ أو البلورات في تلك الخلايا .

لذلك فوظيفة الاندودرمس لا زالت موضع نزاع . ومع ذلك فعلاقة الاندودرمس بالماء والعناصر الخشبية أمر لا شك فيه . ومن الأرجح أن وظائفها الخاصة في النباتات المختلفة ترجع الى اختلاف تركيبها في هذه النباتات . على أن هناك بلا شك وظائف ثانوية أما الوظائف الأصلية فربما اختلفت في بعض النباتات .

على أن الحقائق الخاصة بتوزيع الاندودرمس في المجموعات النباتية واختلافها في التركيب قد توحى بأن الاندودرمس قد يكون تركيبا قديما له أهمية فسيولوجية وربما شكلية ولكنه تحول أثناء مراحل التطور السلفي ولذلك فهو يحتفظ بوظائفه الأصلية الى حد ما بالرغم من أنه أصبح أثريا في طبيعته ففي بعض النباتات تخصص الاندودرمس أو تكيف لوظائف جديدة وهذا ما يحدث كثيرا بالنسبة للتركيبات الأثرية ، كما أنه قد اختلف من الأفرع الخشبية حيث يستمر النمو الثانوي .

وقد يحدث أن تتحول خلايا الاندودرمس — فيما عدا خلايا النوع غليظ الجدر — الى خلايا مرستمية في أى وقت . وعلى ذلك ينشأ منها الكميوم الفليني في الجذر في كثير من الأحيان — وفي بعض الأحيان — الكميوم الفليني في الساق ، كما أن منشآت الجذور الجانبية والبراعم العرضية كثيرا ما تنشأ من هذه الطبقة . وحيث أن نمو الاندودرمس يتم مبكرا أثناء تكون الأنسجة الابتدائية لذلك فانه يستطيع أن يستمر كغلاف أو غمد أثناء الزيادة الابتدائية في الطول وفي الغلط . أما في حالة الزيادة في الغلط الناتجة من تكون أنسجة ثانوية لا بد للانودودرمس لكي يصمد طويلا أن تتكون به خلايا جديدة باستمرار وعلى ذلك تحدث أحيانا انقسامات قطرية في الخلايا الناضجة تحفظ هذه الطبقة لفترة ما ، ولكن في السوق والجذور الخشبية سرعان ما يسحق النمو الثانوي طبقة الاندودرمس وينمحي كل دليل على سابق وجودها .

القشرة

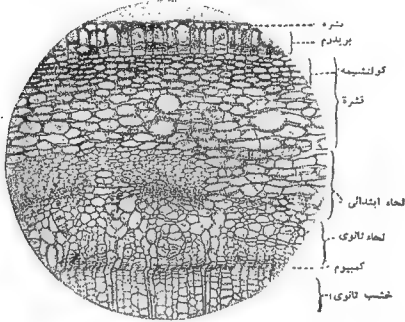
تطلق القشرة على الجزء من المحور الذى يحيط بالأسطوانة المركزية ، وتفصله عنها طبقة الاندودرمس . وتحددها من الخارج الطبقة المكونة من صف واحد من الخلايا والتي تسمى البشرة . وفي الاستعمال الصحيح يطلق لفظ القشرة فقط على هذه المنطقة المحددة والواضحة من الناحية الشكلية ويقتصر ذلك على الخلايا والأنسجة « الابتدائية » المتكونة داخلها . وفي بعض الأحيان يمكن التميز بين

نوعين من القشرة : القشرة الابتدائية والقشرة الثانوية ويطلق اللفظ الثاني على الأنسجة الثانوية التي تتكون داخل القشرة الابتدائية ومن خلاياها ، وأهمها البريديم . واستعمال اللفظ الثاني خاطيء لأن بعض الطبقات المماثلة كتلك التي تتكون داخل اللحاء ، تسمى أيضا تسمية غير دقيقة ، قشرة ثانوية ويرجع هذا الاستعمال بطبيعة الحال الى فهم كلمة قشرة فهما خاطئا على أنها الجزء أو الغطاء الخارجى أو من الناحية الوظيفية الطبقة الواقية الخارجية فى حين أن كلمة قشرة يجب أن تقتصر على المنطقة الابتدائية الخارجية المحددة فقط .

وتختلف القشرة ، من حيث الغلظ ، من بضعة صفوف من الخلايا الى عدة طبقات (شكل ٧٧) . وتتكون أساسا من خلايا برنشيمية ولكنها قد تحتوى على عدة أنواع من الخلايا منظمة بطرق مختلفة . فقد تكون الخلايا الكولنشيمية نسبة كبيرة منها ، وعلى الأخص فى الحواف البارزة أو الأركان فى السوق المضلعة حيث تعتبر نسيجا دعاميا مؤقتا . كما قد توجد الألياف والسكريدات بسبب متفاوتة وكذلك أنواع مختلفة من الخلايا الاختزائية والافرازية ، وتوجد الألياف بصفة شائعة على هيئة صفائح أو أشرطة عريضة وقد توجد هذه الألياف تحت البشرة مباشرة مكونة طبقة وقائية خارجية اضافية ، تسمى « تحت البشرة » . وهذه التسمية الأخيرة تطلق على الطبقة المكونة من خلايا دعامية أو واقية من أى نوع ، وتقع مباشرة تحت البشرة وتقويها بشكل ما . وتحتوى عادة خلايا القشرة البرنشيمية على بلاستيدات خضر . وقد يتكون بالقشرة نسيج تمثيلى محدد للقيام خصيصا بهذه المهمة (شكل ١٨١) — وقد تكون خلايا القشرة متضاعطة أو مفككة ولكن بغير نظام محدد عادة . على أنه قد يمكن ملاحظة انتظام الخلايا فى صفوف مماسية كما قد تصطف الخلايا بشكل صفائح قطرية فى أنواع خاصة من الجذور والسوق كجذور النبات المائية . وعلى العموم تكون قشرة الجذور أكثر تجانسا من قشرة السوق وتتركب عادة من برنشيمية فقط (شكل ١٢٧ ب ، ١٣٣) .

وتتكون القشرة بمعناها الدقيق من أنسجة ابتدائية تنضج فى جملتها مع الأنسجة الانتدائية فى العمود الوعائى . ولكن عند تكوين الأنسجة الثانوية داخل العمود الوعائى تتداخل مراحل النمو تداخلا كبيرا ، اذ يتم فضج الخلايا الكولنشيمية مبكرا فى حين أن الخلايا السكلرنشيمية تصل الى كمال فضجها

في وقت متأخر عادة . أما الخلايا البرنشيمية فقد تستمر في الانقسام حتى السنة الثانية في نباتات خشبية كثيرة . وبذلك يتكون نسيج اضافي ، كلما زاد حجم



(شكل ٧٧)

القشرة في الساق الخشبية لنبات مانوليا : تركيب القشرة من خلايا كولنشيمية وخلايا برنشيمية وتنظم الخلايا البرنشيمية في صفوف مماسية تكونت الى حد ما من طريق الانقسام القطري لمسيرة الزيادة في غلظ الساق . كما توجد أيضا خلايا الفرازية - اما المجموعة الغليظة من الألياف فتنتمي معظمها أو كلها الى اللحاء الابتدائي . وتقع تحتها المجموعات الأخرى من اللحاء الابتدائي وقد انسحقت الى حد ما . لم يليها اللحاء الثانوي . كما يظهر الكمبيوم والخشب الثانوي . وتظهر تحت البشرة طبقة بريدرم في دور التكوين

القشرة بسرعة نتيجة لزيادة المحور في الغلظ . على أن معظم انقسامات الخلايا البرنشيمية انقسامات قطرية تكون تيجتها تكوين صفوف أو صفائح مماسية من الخلايا ولا ينتج عن الانقسامات المتأخرة من هذا النوع خلايا مستديرة بل تبدو الخلايا الوالدة المستطيلة وهي تقسم بجدر قطرية جديدة (شكل ٧٧) . وتتراحم خلايا القشرة في حالة زيادة المحور في الغلظ زيادة كبيرة نتيجة للنمو الثانوي وينتج عن ذلك انسحاق بعض الخلايا في صفوف قطرية . يحدث هذا فعلا في حالات كثيرة وبخاصة في السوق العشبية التي لها أسطوانة خشبية قوية كما في نبات الكتان ونبات سوليداجو .

وتقوم الأنواع المختلفة من خلايا القشرة بوظائف مختلفة ، ولكن القشرة تعتبر أولا وقبل كل شيء طبقة واقية ، أما وظائفها في التدعيم والبناء الضوئي والادخار فهي وظائف ثانوية .

البشرة

تكون البشرة طبقة شاملة تغطي السطح الخارجى لجسم النبات بأكمله ، فيما عدا فتحات الثغور والعديسات وتكون بطبيعة الحال غير متميزة في المناطق المرستيمية ، أما في السوق والجذور المسنة فقد تختفى البشرة تماما بفعل النمو الثانوى .

وتتكون البشرة في حالتها النموذجية من طبقة واحدة من الخلايا على أنها قد تتكون من طبقتين أو أكثر في نباتات قليلة . وقد وصفت البشرة في بعض النباتات بأنها متعددة الطبقات . ولكن هذا الوصف في معظم هذه الحالات يعتبر وصفا غير صحيح . ففي بعض الحالات تكون المنطقة الخارجية من القشرة شبيهة بالبشرة من حيث التركيب والوظيفة ولذلك اعتبرت جزءا من البشرة ، وفي حالات أخرى تكون طبقة البريذر قد بدأت في الظهور وفي حالات أخرى كذلك تكون البشرة نفسها رقيقة وضعيفة وحولية ، ولذلك تقوم خلايا القشرة الملاصقة لها بمهمتها . وفي حالات أخرى وبخاصة في النباتات المائية والنباتات ذات البيئة الرطبة تشبه البشرة القشرة الخارجية الى حد كبير . ويستند عادة في تفسير وجود طبقات متتالية من الخلايا الى أقصى الخارج على أنها بشرة مزدوجة الصفوف أو عديدة الصفوف على أساس فسيولوجى وليس على أساس شكلى (مورفولوجى) . ولذلك فلا بد للوصول الى تفسير سليم لوجود بشرة مكونة من أكثر من طبقة واحدة من الخلايا ، من دراسة طريقة تكوين هذه الطبقة .

ولخلايا البشرة فجوة مركزية كبيرة يحيط بها سيتوبلازم خارجى رقيق . وتوجد بها بلاستيدات عديدة اللون دقيقة ، ولكن لا توجد بها بلاستيدات خضر الا في الخلايا الحارسة للثغور وفي بشرة النباتات المائية والنباتات ذات البيئة الرطبة والنباتات ذات البيئة الظليلة الثقيلة . وقد يوجد بها مواد غاطية وتانين وبلورات . وتختلف الخلايا كثيرا في حجمها وشكلها الخارجى ولكنها

أساسا مغلظة أو جدولية متلاصقة ببعضها البعض الى حد كبير ، وكثيرا ما تكون مفصصة أو مسننة أو متداخلة في بعضها بطرق مختلفة بحيث تماسك الخلايا بقوة (شكل ٧٩ و ١٧٠) . والخلايا في الأوراق وعلى الأخص في البتلات تكون أكثر تعقيدا في هذه الناحية من خلايا الأعضاء الأخرى ، وكثيرا ما تكون جدر خلايا البشرة غير متساوية في الغلظ بحيث تكون الجدر الخارجية والقطرية أكثر غلظا من الجدر الداخلية (شكل ١٧٩) . ولهذه الزيادة في الغلظ مع تكوين الجدر الخارجية أهمية عظمى من ناحية الحماية الميكانيكية ومنع فقدان الماء ولذلك فوجود الأدمة (الفصل الثاني) يضيف كثيرا الى مقدرة البشرة على القيام بالمهمة الأخيرة .

التطور التكويني للبشرة وبقاؤها :

تظهر الخلايا التي تنشأ منها البشرة مبكرا جدا ، كطبقة سطحية في المرستيم الطرفي وهذه الطبقة أول طبقة تبدأ في الظهور في السوق عادة ، وبحسب نظرية البدن والغلاف ، تتكون البشرة بواسطة انقسامات عمودية على السطح في الطبقة الخارجية للغلاف بعد ظهورها . وفي الحالات التي لا يتميز فيها بدن وغلاف ، فإن البشرة تتكون عن طريق انقسامات عمودية وموازية للسطح في منطقة منشئ البشرة أو (الدرما توجن) . أما الزيادة التي تحدث بعد ذلك في عدد الخلايا في البشرة ، فتكون نتيجة انقسامات عمودية ، وتظل البشرة مكونة من طبقة واحدة من الخلايا بهذه الطريقة مدى الحياة . وعندما تزداد الساق في الغلظ أثناء النمو الثانوي قد تستمر البشرة في الانقسام البطيء لتساير الزيادة في السطح . ويندر أن تحدث في البشرة تغيرات أخرى غير تلك التي تطرأ عليها نتيجة تكون طبقات الكيميوم الفليني . أما في الجذور فإن خلايا البشرة وخلايا الجزء الخارجي من القشرة تفقد حيويتها وتتلجن أو تتسوبر بعدما تتوقف الشعيرات الجذرية عن أداء مهمتها . وفي السوق المعمرة تظل خلايا البشرة حية حتى تتكون طبقة البريديم فتقطع عنها الماء والغذاء . وفي الأوراق والأزهار ومعظم الثمار تحتفظ خلايا البشرة بحيويتها طالما ظلت هذه الأعضاء حية .

وظيفة البشرة :

تقوم البشرة أساسا كطبقة مغلقة بحماية النبات ضد فقدان السريعة للماء وضد الأضرار الميكانيكية . كما أنها قد تقوم بصفة ثانوية بعملية البناء

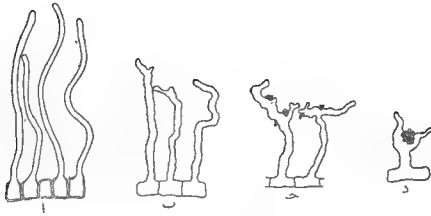
الضوئي والافراز . وبعض أجزاء البشرة تتكيف في تركيبها لتقوم ببعض الوظائف الهامة كما في حالة النسيج الافرازي للغدد الرحيقية والثغور في الأوراق والسوق والشعيرات الماصة في الجذور .

الشعيرات الجذرية :

تتحول معظم أو كل خلايا البشرة في الجذور الى شعيرات جذرية . فعند تكوين هذه الشعيرات يتمدد الجدار الخارجى ليكون بروزا طويلا شبيها بالأنبوبة هو في الشكل والتركيب شعيرة جذرية نموذجية (شكل ٧٨) . وجدر خلايا البشرة بوجه عام وجدر الشعيرات البارزة بوجه خاص تكون رقيقة ودقيقة وتكون عادة من السيليلوز فتسمح بمرور الماء والمواد الذائبة بسهولة بحيث يستطيع النبات أن يحصل على ما يحتاج اليه من الماء والأغذية المعدنية خلال الشعيرات الجذرية . هذه الشعيرات تكون عادة وقتية تصمد فقط لبضعة أيام أو بضعة أسابيع ، وبعد ذلك تسقط ثم تتسور وتتلجن بقاياها مع الخلايا المجاورة . وقد ذكر عن الشعيرات الجذرية في نباتات معينة من الفصيلة المركبة أن جذرها تكون غليظة وملبنة وتستطيع أن تصمد الى موسم النمو الثانى .

الثغور :

تعرف الثغور بأنها تلك الفتحات الموجودة في البشرة والتي يحدث خلالها تبادل الغازات بين المسافات البينية في الخلايا الموجودة تحت البشرة والجو الخارجى . وتعتبر هذه الفتحات في الواقع مسافات بين كل خليتين متخصصتين من خلايا البشرة تعرف بالخلايا الحارسة . ذلك لأن التغيرات التى تحدث في حجم وشكل هذه الخلايا تتحكم في فتح وغلق الثغر (شكل ٧٩) وتختلف هذه الخلايا وحدها عادة عن بقية خلايا البشرة النموذجية وتتميز خلايا أخرى في غيرها من الحالات نتيجة لوجود الثغر وتسهم هذه الخلايا بطريقة ما في النشاط الفسيولوجى للخلايا الحارسة وتسمى هذه الخلايا بالخلايا المساعدة . ويكاد هذا النوع من الخلايا يقتصر على النباتات الخنافية (الفصل الرابع عشر) . وتطلق كلمة ثغر — وربما يفضل اطلاقها فعلا — على الفتحة الموجودة في البشرة بالإضافة الى الخلايا الحارسة والمساعدة المحيطة به . وفي هذه الحالة تعرف الفتحة باسم الفتحة الثغرية .



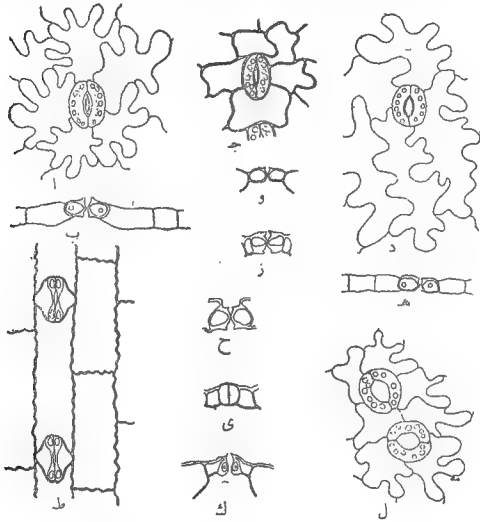
(شكل ٧٨)

الشعيرات الجلدية: (١) نامية في الماء أو هواء رطب (ب) نامية في تربة رطبة . (ج) ، (د) نامية في تربة جافة . (حبيبات التربة ملتصقة بالشعيرات الجلدية في ج ، د)

تركيب وعمل الخلايا الحارسة:

يتوقف انفتاح وانغلاق الثغر في جميع أنواع الثغور على التغيرات التي تطرأ على تصلد الخلايا الحارسة . إذ ينفتح الثغر بزيادة تصلد الخلايا وعندما يقل تصلد الخلايا ينغلق الثغر . وتختلف طريقة عمل الخلايا الحارسة في النباتات المختلفة حسب شكل الخلية الحارسة وتوزيع الغلظ على جدر الخلايا . ففي نوع شائع من الثغور تكون الخلايا الحارسة منتظمة في غلظها وتكون الخلايا الحارسة نفسها بيضية الشكل في القطاع العرضي (شكل ٧٩ و) . وبزيادة تصلد أو انتفاخ الخلايا الحارسة تميل هذه الخلايا إلى الاستدارة في القطاع العرضي ، وبذلك تتباعد الجدر الفالقة للثغر . وفي الأنواع الأخرى التي تفتتح بطريقة مائلة يكون غلظ الجدار غير متساو (شكل ٧٩ هـ) ، وفي هذه الحالات يكون انفتاح الثغر بنفس طريقة تغير شكل الخلية غير المتماثل في القطاع العرضي مع بعض التعديل . إذ يكون الجدار غليظاً إلى حد كبير فيما عدا نقطتين أو منطقتين تعرفان « بالمفصلات » . ويكون تجويف الخلية بيضياً في القطاع العرضي ، وبزيادة التصلد يصبح مستديراً وينجم عن ذلك امتداد أو انبساط الأجزاء الرقيقة من الجدار فينفتح الثغر (شكل ٧٩ ب و ز) وتعتبر المفصلات النقطة المتوسطة على جانب الفتحة والجدار المقابل لها كله . وفي نوع شائع آخر تكون جدر الخلية الحارسة عند الفتحة أكثر غلظاً من جدر الجانب المقابل (شكل ٧٩ ح) .

وبزيادة الانتفاخ في الخلايا الحارسة البنى من هذا النوع تتمدد الجدر الرقيقة وينتج عن هذا استدارة الخلية وانفتاح الثغر . وتكون نهايات الخلايا الحارسة



(فصل ۷۹)

التفرد: ١) ب - من نبات البطاطس في منظر أمامي وقطاع عرضي - ج - من نبات من جنس التفاح
د - من نبات الخس و - من نبات من جنس مدبول ز - من نبات من جنس ابتكر ه - من نبات
من جنس بوليوجونام ط - من نبات اللوز ك - قطاع عرضي في منتصف الثمرة ل - من نبات الخيار

رقيقة الجذر ومنتهجة في الحشائش وبعض النباتات الأخرى في حين تكون الأجزاء المتوسطة المقابلة لفتحة الثغر غليظة الجذر وصلدة (شكل ٧٩ ط، ي، ك) وبزيادة الانتفاخ تتسع الأجزاء المتطرفة من الخلايا الحارسة وتضغط على الأخرى بحيث تتباعد الأجزاء الصلدة المتوسطة فينفث الثغر. كما أن نقص انتفاخ الخلايا

الحارسة ينتج عنه انكماش الأجزاء المتطرفة فتتقارب الأجزاء المتوسطة وينغلق الثغر .

ويعتبر هذا في الواقع مجرد وصف للتركيب العام للثغر وذلك لوجود أنواع أخرى من الثغور تتميز ببعض التباين في شكل الخلايا الحارسة وموضع المناطق الغليظة من جدرها كما أن التركيب الدقيق حول الفتحة يختلف كثيرا باختلاف نوع النبات . ولكنه ثابت بالنسبة لبعض المجموعات الكبيرة كما في النجيليات وكاسيات البذور — وبالرغم من أن البيئة لا تتحكم في الشكل الأساسي للثغر وكيفية عمله إلا أن هناك بعض تحورات ظاهرة في نباتات الجفاف (الفصل الرابع عشر) ، على أن المعالم التركيبية الأساسية هي نفسها في جميع أنواع الثغور .

وتختلف الخلايا الحارسة . عن الخلايا الأخرى للبشرة ، في وفرة مادتهما البروتوبلازية ونواتها الكبيرة ، ووجود بلاستيدات وحبيبات نشوية عادة . وتعتبر الثغور من الناحية الفسيولوجية ذات أهمية عظمى إذ يحدث التبادل الغازي خلال هذه الفتحات بين المسافات البينية والهواء الخارجي ، كما تعتمد وظائف التنفس والنتح والبناء الضوئي اعتمادا كبيرا على هذا التبادل الغازي خلال الثغور .

توزيع الثغور :

توجد الثغور على جميع أجزاء النبات ، فيما عدا الجذر ، وقد تقل الثغور أو تضرر أو تنعدم على الأعضاء الزهرية وفي النباتات المائية ، كما أنها أكثر عددا على الأوراق إذا استثنينا تلك النباتات المختزلة الأوراق والتي يقتصر البناء الضوئي فيها على الساق تقريبا . وقد توجد الثغور في الأوراق على البشريتين العليا والسفلى مما ولكنها لا توجد على البشرة العليا في النباتات الخشبية عادة . ويميل عدد الثغور في وحدة السطح أن يكون أكبر في النباتات الخشبية عنها في الأعشاب ، وفي البنيات الجافة والمكشوفة عنها في البنيات الرطبة والمغطاة . كما يزداد هذا العدد نحو قمة الورقة وحافتها حيث تصغر الخلايا وتبقى نسبة عدد الثغور لعدد خلايا البشرة ثابتة ويزداد عدد الثغور في وحدة السطح في نباتات الغابات مع الارتفاع عن سطح الأرض ، ويبدو أن هذا العدد مرتبط برطوبة البيئة ولكنه كما يظهر لا يتأثر كثيرا بالتغير في كمية الضوء .

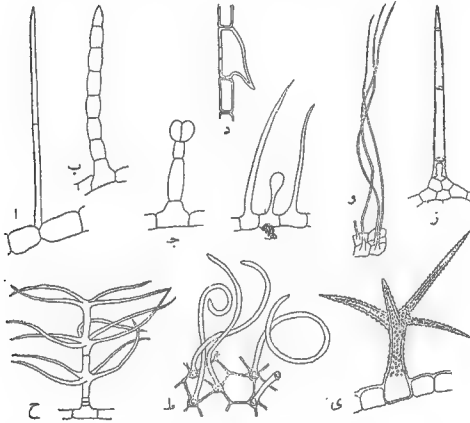
تكوين الثغور :

يحدث أثناء تكوين البشرة أن تتكون خلية والدة حارسة من انقسام حدى خلايا البشرة الحديثة . ثم تنقسم الخلية الوالدة الحارسة بعد ذلك ، لتكون زوجا من الخلايا الحارسة أما الخلايا الاضافية فتنشأ من نفس الخلية الأصلية كالخلية الوالدة الحارسة أو من الخلايا المجاورة .

الشعيرات :

تعرف الزوائد التى تظهر على المحور والأوراق والتى تتكون من خلايا البشرة وحدها ، بالشعيرات أو الزوائد . وتكون هذه الزوائد وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا كما أنها توجد على عدة أشكال (شكل ٨٠) وتبدأ من الخلية البشرية العادية حتى تلك الزوائد التى يمتد جدارها بشكل أنبوبة يمكن اعتبارها شعيرة . ويسمى النوع المتوسط من هذه الخلايا الحليمية وهو شائع على البتلات (شكل ١٦٩) ، وعلى أوراق كثيرة . وتتكون الشعيرات « وحيدة الخلية » بطريقتين : اما بامتداد الجدار الخارجى للخلية الوالدة البشرية كما فى الشعيرات الجذرية (شكل ٧٨) ، أو بالانقسام العرضى للخلية الوالدة المتمددة فتكون الخلية الوليدة الخارجية الشعرة ، كما تكون الداخلية خلية قاعدية فى البشرة . وتتخذ الشعيرات وحيدة الخلية عدة أشكال من بينها الأنواع كثيرة التفرع (شكل ٨٠) . كما توجد الشعيرات عديدة الخلايا فى أنواع لا حصر لها ، وتدرج من الشعيرات البسيطة الخيطية المكونة من بضع خلايا الى التراكيب الكثيرة المعقدة كثيرة التشعب والتى قد تحتل مساحات كبيرة من البشرة . فالشعيرات اللامسة (شكل ١٥٦) والقشور وكثير من الشعيرات الغريبة (شكل ٥٦ ب - هـ) تعتبر تركيبات معقدة عديدة الخلايا . كما تعتبر الشعيرات الجذرية شعيرات نموذجية من الناحية الشكلية . وقد تكون خلايا الشعيرات حية أو ميتة . وتحتوى الخلية فى الحالة الأولى على قليل من السيتوبلازم الا اذا كانت الشعيرة مرتبطة بافراز ما ، وفى هذه الحالة يتوفر السيتوبلازم ويكون غزير التحبب . كما أن غلظ الجدار وتركيبه الكيميائى يختلفان كثيرا . فالشعيرات التى توجد على ثمار الخوخ وتوت العليق (راسبرى) (شكل ٨٠ ذ) وزهور الصفصاف وبراعم العنب

تكون غليظة الجدران جدا . وكثيرا ما تكون جدر الشعيرات مكونة أو ملحجنه، وتعتبر « ألياف » القطن شعيرات سليولوزية . وللشعيرات عدة وظائف رئيسية وثنائية ، ولكنها تعتبر ذات أهمية عظمى بتكوينها غطاء اضافيا لتقليل النتح .



(شكل ٨٠)

الشعيرات ١ : - من تويج نبات ابيجيا (١) ب - من ورقة نبات كوريوبسيس (٢) ح - من تويج نبات
قربا (٣) د - من ورقة الشوفان (٤) هـ - من كاس نبات الهليوتروب (٥) و - من ساق نبات اونوبوردام (٦)
ز - من ورقة نبات الخيار (٧) ح - من ورقة صغيرة لنبات بلاتالى (الشنار) (٨) ط - من لعمرة نبات
من جنس روبياس (٩) ي - من ساق نبات اذ بريشيا (١٠)

Coriopsis (٢)
Avena (٤)
Onopordum (٦)
Planatus (٨)
Aubrietia (١٠)

Epigaea (١)
Phryma (٣)
Heliotropium (٥)
Cucumis (٧)
Rubus (٩)

المراجع - REFERENCES

- ARTSCHWAGER, E. F. : Anatomy of the potato plant, with special reference to the ontogeny of the vascular system, *Jour. Agr. Res.*, 14, 221-252, 1918.
- BAILEY, I. W., and W. W. TUPPER : Size variation in tracheary cells : I. A comparison between the secondary xylems of vascular cryptogams, gymnosperms, and angiosperms, *Proc. Amer. Acad. Arts and Sci.*, 54, 149-204, 1908.
- BARKLEY, G. : Differentiation of vascular bundle of *Trichosanthes*, *anguina*, *Bot Gaz.*, 88, 173-184, 1927.
- BOND, G. : The occurrence of cell division in the endodermis, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, 50, 38-50, 1930.
- : The stem endodermis in the genus *Piper*. *Trans Roy. Soc. Edinburgh*, 56, 695-724, 1931.
- BOND, T. E. T. : Studies in the vegetative growth and anatomy of the tea plant (*Camellia thea* Link) with special reference to the phloem, *Ann. Bot.*, 6, 607-630, 1942.
- BUGNON, P. : Origine, évolution et valeur des concepts de protoxylème et de metaxylème, *Bull. Soc. Linn. de Normandie*, 7 sér., 7, 123-151, (1924) 1925.
- CHANG, C. Y. : Differentiation of protophloem in the angiosperm shoot apex, *New Phyt.*, 34, 21-29, 1935.
- CHIDDLE, V. I. : Specialization of vessels within the xylem of each organ in the Monocotyledoneae, *Amer. Jour. Bot.*, 31 81-92, 1944.
- : and N. B. WHITFORD : Observations on the phloem in the Monocotyledoneae. I. The occurrence and phylogenetic specialization in structure of the sieve tubes in the metaphloem, *Amer. Jour. Bot.*, 28, 623-627, 1941.
- COL, A. : Recherches sur la disposition des faisceaux dans la tige et les feuilles de quelques dicotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 8 sér., 20, 1-288, 1904.
- COPELAND, E. B. : The mechanism of stomata, *Ann. Bot.*, 16, 327-364, 1902.
- CORMACK, R. G. H. : Investigations on the development of root hairs, *New Phyt.*, 34, 30-54, 1935.

- : The effect of environmental factors on the development of root hairs in *Phleum pratense* and *Sporobolus cryptandrus*, *Amer. Jour. Bot.*, **31**, 443-440, 1944.
- CRAPPE, A. S.: Vascular differentiation in the shoot apices of ten coniferous species, *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 382-393, 1943.
- DAMM, O.: Ueber den Bau, die Entwicklungsgeschichte und die mechanischen Eigenschaften mehrjähriger Epidermen bei den Dicotyledonen, *Beih. Bot. Centralbl.*, **11**, 219-260, 1901.
- DANGEARD, P. A.: Essai sur l'anatomie comparée a liber interne dans quelques familles de dicotylédones, *Le Botaniste*, **17**, 225-364' 1926.
- DORMER, K. J.: Shoot structure in angiosperms with special reference to Leguminosae, *Ann. Bot.*, **9**, 141-143, 1945.
- ESAU, K.: Ontogeny and structure of the phloem of tobacco, *Hilgardia*, **11**, 343-424, 1938.
- : Development and structure of the phloem tissue, *Bot. Rev.*, **5**, 373-432, 1939.
- : Vascular differentiation in the vegetative shoot of *Linum*. I. The procambium, *Amer. Jour. Bot.*, **29**, 738-747, 1942. II. The first phloem and xylem, *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 248-255, 1943. III. The origin of the bast fibers. *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 579-586, 1942.
- : Ontogeny of the vascular bundle in *Zea mays*, *Hilgardia*, **15**, 327-368, 1943.
- Origin and development of primary tissues in seed plants, *Bot. Rev.*, **9**, 125-206, 1943.
- : Vascularization of the vegetative shoots of *Hellanthus* and *Sambucus*, *Amer. Jour. Bot.*, **32**, 18-29, 1945.
- FLOT, L.: Recherches sur la zone pérимédullaire de la tige, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **18**, 37-112, 1893.
- FRANZ, H.: Beiträge zur Kenntnis des Dickenwachstums der Membranen, (Untersuchungen an den Haaren von *Humulus Lupulus*), *Flora*, **129**, 287-308, 1935.
- GRIS, A.: Sur la moelle des plantes ligneuses, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 5 sér., **14**, 34-79, 1872.
- GROB, A.: Beiträge zur Anatomie der Epidermis der Gramineenblätter, *Bibl. Bot.*, **36**, 1-123 1896.

- GUILLAUD, A : Recherches sur l'anatomie comparée et le développement des tissus de la tige dans les monocotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., 5, 1-176, 1877.
- GUTTENBERG, H. VON : Die Aufgaben der Endodermis, *Biol. Centralbl.*, 63, 236-251, 1943.
- HÉRAUL, J. : Recherches sur l'anatomie comparée de la tige des dicotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., 2, 203-314, 1885.
- HIRSCH, W. : Untersuchungen über die Entwicklung der Haare bei den Pflanzen, *Beitr. Wiss. Bot.*, 4, 1-36, 1900.
- JEFFREY, E. C. : The morphology of the central cylinder in the angiosperms, *Trans. Canad. Inst.*, 6, 599-636, 1899.
- : The structure and development of the stem in the pteridophyta and gymnosperms, *Phil. Trans. Roy Soc London*, 195B, 119-146, 1903.
- : "The Anatomy of Woody Plants," Chicago, 1917.
- JONES, W. R. : The development of the vascular structure of *Dianthera americana*, *Bot. Gaz.*, 54, 1-30, 1912.
- KAPLAN, R. : Über die Bildung der Stele aus dem Urmeristem von Pteridophyten und Spermatophyten, *Planta*, 27, 224-268, 1937.
- KAUFMAN, K. : Anatomie und Physiologie der Spaltöffnungsapparate mit verholzten Schliesszellmembranen, *Planta*, 3, 26-59, 1927.
- KERL, H. W. : Beitrag zur Kenntnis der Spaltöffnungsbewegung, *Planta*, 9, 407-463, 1929.
- KROEMER, K. : Wurzelhaut, Hypodermis und Endodermis der Angiospermenwurzel, *Bibl. Bot.*, 59, 1-151, 1903.
- KUNDU, B. C. : The anatomy of two Indian fibre plants, *Connarus* and *Corchorus*, with special reference to fibre distribution and development, *Jour. Indian Bot. Soc.*, 21, 93-128, 1942.
- LESTIBOUDOIS, T. : Phyllotaxie anatomique, ou recherches sur les causes organiques des diverses distributions des feuilles. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 3 sér., 10, 15-105, 136-189, 1848.
- LINSBAUER, K. : Die Epidermis, in "Handbuch der Pflanzenanatomie," IV, 1930.
- LOUIS, J. : L'ontogénèse du système conducteur dans la pousse feuillée des dicotylées et des gymnospermes, *La Cellule*, 44, 87-172, 1935.
- MEYER, F. J. : Bau und Ontogenie der Wasserleitungsbahnen und der

- an diese angeschlossenen Siebteile in den vegetativen Achsen der Pteridophyten, Gymnospermen und Angiospermen, *Prog. Rei Bot.*, 5, 521-588, 1917.
- MILLER, H. A., and R. H. WETMORE: Studies in the developmental anatomy of *Phlox Drummondii* Hook. II. The apices of the mature plant, *Amer. Jour. Bot.*, 33, 1-10, 1946.
- MOROT, L.: Recherches sur le péricycle ou couche périphérique du cylindre central chez les phanérogames, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., 20, 217-309, 1885.
- MYLUS, G.: Das polyderm. Eine vergleichende Untersuchung über die physiologischen Scheiden, Polyderm Periderm und Endodermis, *Bibl. Bot.*, 79, 1-119, 1913.
- NETOLITZKE, F.: Die pflanzenhaare, In Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie," IV, 1932.
- OLIVIER, L.: Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., 11, 5-133, 1881.
- PUTZER, E.: Beiträge zur Kenntniss der Hautgewebe der Pflanzen, III. Ueber die mehrschichtige Epidermis und das Hypoderma, *Jahrb. Wiss. Bot.*, 8, 16-74, 1871.
- FLOWMAN, A. B.: The comparative anatomy and phylogeny of the Cyperaceae, *Ann. Bot.*, 20, 1-33, 1906.
- PRIESTLEY, J. H.: The mechanism of root pressure, *New Phyt.*, 19, 189-200, 1900. 21, 41-47. 1922.
- : and E. E. NORTH: Physiological studies in plant anatomy, III. The structure of the endodermis in relation to its function, *New Phyt.*, 21, 113-139, 1922.
- SALISBURY, E. J.: On the causes and ecological significance of stomatal frequency with special reference to the woodland flora, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 216B, 1-65, 1927.
- SCHWARZ, F.: Die Wurzelhaare der Pflanzen, *Untersuch. Bot. Inst. Tübingen*, 1, 135-188, 1883.
- SCHWENDENER, S.: Die Spaltöffnungen der Gramineen, und Cyperaceen, *Sitzungsb. Königl.-Preuss. Akad. Wiss. Berlin*, 1889-1, 65-79, 1889.
- SCOTT, L. I., and J. H. PRIESTLEY: The root as an absorbing organ, I. A reconsideration of the entry of water and salts in the absorbing region, *New Phyt.*, 27, 125-140, 1928.

- SHEARMAN, B. C. : Developmental anatomy of the shoot of *Zea mays* L., *Ann. Bot., N.S.* 6, 245-282, 1942.
- SINNOTT, E. W. : The anatomy of the node as an aid in the classification of angiosperms, *Amer. Jour. Bot.*, 1, 303-322, 1914.
- : and I. W. BAILEY : Investigations on the phylogeny of the angiosperms. 3. Nodal anatomy and the morphology of stipules, *Amer. Jour. Bot.*, 1, 441-453, 1914.
- SKUTCH, A. F. : Origin of endodermis in ferns, *Bot. Gaz.*, 86, 113-114, 1928.
- : Anatomy of the axis of the banana, *Bot. Gaz.*, 93, 233-258, 1932.
- SNOW, L. M. : The development of root hairs. *Bot. Gaz.*, 40, 12-48, 1905.
- SOAR, I. : The structure and function of the endodermis in the leaves of the Abietineae, *New Phyt.*, 21, 269-292, 1922.
- STAUDERMANN, W. : Die Haare der Monocotylen, *Bot. Arch.*, 8, 105-184, 1924.
- STERLING, C. : Growth and vascular development in the shoot apex of *Sequoia sempervirens* (Lamb.) Endl., III. Cytological aspects of vascularization, *Amer. Jour. Bot.*, 33, 35-45 1946.
- STRASBURGER, E. : Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, 5, 297-342, 1866.
- : "Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in der Pflanzen. Histologische Beiträge," III, Jena, 1891.
- THOMPSON, W. P. : The anatomy and relationships of the Gnetales, I. The genus *Ephedra*, *Ann. Bot.*, 26, 1077-1104, 1912.
- TRAPP, G. : A study of the foliar endodermis in the Plantaginaceae, *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, 57, 523-546, 1933.
- VAN FLEET, D. S. : The development and distribution of the endodermis and associated oxidase system in monocotyledonous plants. *Amer Jour. Bot.*, 29, 1-15, 1942.
- VAN TIEGHEM, P., and H. DOULIOT : Sur la polystélie, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., 3, 275-322, 1886.
- VESQUE, J. : Mémoire sur l'anatomie comparée de l'écorce, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., 2, 82-198, 1875.
- WILSON, C. L. : Medullary bundle in relation to primary vascular system

in the Chenopodiaceae and Amaranthaceae, *Bot. Gaz.*, 78, 175-199, 1924.

WISSELUNGHE, C. VAN: Beitrag zur Kenntniss der inneren Endodermis, *Planta*, 2, 27-43, 1926.

ZIEGENSPECK, H.: Ueber die Rolle des Casparyschen Streifens der Endodermis und analoger Bildungen, *Ber. Deut. Bot. Ges.*, 39, 302-310, 1921.

الفصل السادس

نشأة الجسم الثانوى وتكوينه وعلاقته بالجسم الابتدائى

الكيمسيوم

يعتبر الجسم الابتدائى للنبات وحدة تركيبية ووظيفية كاملة ، بدليل أنه فى كثير من الحالات ، يكون النبات بمفرده ، كمعظم ذوات الفلقة الواحدة والتريديات . أما فى عاريات البذور ، ومعظم ذوات الفلقتين ، فإن النمو الابتدائى ، يتبعه مباشرة نمو ثانوى ، هو الذى يصبح عادة — من حيث التركيب والوظيفة — أكثر أهمية . وينتج النمو الثانوى من طبقات محددة من البداءات ، تنتج الأنسجة الوعائية من الكيمسيوم ، وتتكون الأنسجة الأخرى من أنسجة انشائية مماثلة . هذه الطبقات النامية ، تمد الجسم باضافات متجددة على الدوام ، من الأنسجة الموصلة والدعامية والوقائية . ويؤدى النمو الابتدائى أساسا الى زيادة طول المحور ، وازضافة الزوائد ، أما النمو الثانوى فيسبب زيادة قطر المحور ، (بعد الزيادة المبدئية) ، وهو المسئول فى معظم النباتات عن الجزء الأكبر من جسم النبات البالغ ، وتقع عليه تبعة امداد الجسم الكبير للنباتات الخشبية ، بما يحتاج اليه من تدعيم وحماية وتوصيل . ولا يوجد فى غير السراخس الشجرية ، وعدد قليل من ذوات الفلقة الواحدة ، جسم كبير ذو طبيعة ابتدائية فى جملته . أما معظم ذوات الفلقة الواحدة الضخمة ، ومنها بعض أنواع النخيل ، والأنواع الخشبية من جنس يوكا^(١) وغيرها من الزنبقيات ، فتحسوى على نمو ثانوى من نوع خاص .

وتتيز الأنسجة الثانوية الى مجموعتين هما : الأنسجة الوعائية ، التى تتكون من الكيمسيوم الحقيقى ، والأنسجة الأخرى ، مثل الفلين ، التى تتكون من أنسجة انشائية ثانوية مماثلة .

نشأة الكميوم من الكميوم الأولى : يبنى الهيكل الوعائى الابتدائى - كما ذكرنا فى الفصل السابق - نتيجة بلوغ خلايا أشرطة الكميوم الأولى أو أسطوانته ، لتكون خشبا ولحاء . وفى النباتات التى لا يتكون فيها نمو ثانوى ، تتحول كل خلايا أشرطة الكميوم الأولى الى أنسجة وعائية ، ثم لا يكون هناك بعد ذلك أية زيادة فى حجم هذا النسيج ، الا بالطرق غير المألوفة للنمو . أما النباتات التى يظهر فيها نمو ثانوى متأخر ، فان جزءا من أشرطة الكميوم الأولى يظل انشائيا ويكون الكميوم الحقيقى . وعلى ذلك فان الكميوم يمثل فى العادة جزءا حقيقيا من المرستيم القمى (شكل ٥٨) ، ويظل هذا الجزء انشائيا ، ويتحول الى طبقة نامية من طراز مختلف .

ولما كان بلوغ خلايا الكميوم الأولى يطرد فى العادة تدريجيا نحو وسط شريط الكميوم الأولى ، فان خلايا المنطقة الوسطية تكون آخر ما ينضج . وحيشما يتكون كميوم ، فان هذه الخلايا الوسطية الأخيرة ، لا تتحول الى خلايا خشب أو لحاء مستديمة بل تحتفظ الى ما لا نهاية بنشاطها الانشائى كخلايا كميومية . وفى المراحل المبكرة من تكشف الكميوم ، توجد منطقة غير منتظمة ، الى حد ما ، من نسيج انشائى بين منطقتى الخشب واللحاء الابتدائين . وفى هذا الوقت تكون عناصر الخشب الأول قد نضجت ، وعناصر الخشب الثانى فى طريقها الى النضج وعلى ذلك فان بدء النشاط الكميومى ، وتكشف العناصر الأخيرة من الخشب الابتدائى يحدثان فى وقت واحد .

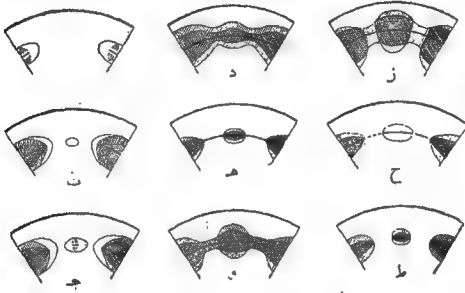
وكما هو مفهوم بوجه عام ، لا يتخذ الكميوم صورته التى يوجد عليها ، ريشما يتكون صف مماسى محدود ، من البدايات التى تنقسم مرارا فى المستوى المماسى . وقبل تكون تلك الصحيفة من النسيج مباشرة ، توجد فترة انتقالية يحدث خلالها انقسام خلوى فى مختلف المستويات فى المنطقة الوسطية من الكميوم الأولى ، الا أن هذا الانقسام يميل الى الاقتصار على المستوى المماسى فى المراحل المتأخرة من الكشف ، وعندما تبلغ هذه الخلايا المنقسمة فى المستوى المماسى ، تصبح الخلايا المحتفظة بنشاطها المرستيمى ، مرتبة فى صف مماسى محدود ، هو الكميوم الحقيقى ، الذى يكون الأنسجة الثانوية . وفى بعض النباتات ، الخشبية والعشبية على السواء ، تؤدى الانقسامات المماسية المبكرة فى

الكيميوم الأولى ، الى أن تصبح كل الخلايا الوعائية الابتدائية تقريباً ، وبخاصة خلايا الخشب الأولى ، منتظمة في ترتيب قطري (شكل ٦٢ ب ، ١٤٠ ا) . وعليه قد لا يكون ممكناً على أساس الموضع والترتيب — التمييز بدقة بين الأنسجة الوعائية الابتدائية والثانوية — غير أنه بتغير طريقة الكشف ، يحدث تحول مفاجيء في طول الخلية ، فتكون العناصر الثانوية أقصر كثيراً من الابتدائية .

ويختلف تكوين الكيميوم في الجذور عنه في السوق ، وذلك نتيجة للترتيب القطري لأشرطة الخشب واللحاء المتبادلة (الفصل العاشر) . فينشأ الكيميوم في الجذور كشراخ من النسيج ، منفصلة داخل أشرطة الكيميوم الأولى ، الموجودة تحت مجموعات اللحاء الابتدائي (شكل ١٣٠ ا) . وبعد ذلك تمتد شراخ الكيميوم جانبياً ، حيث تنصل في منطقة البريسكيل مقابل الخشب الابتدائي . وبالنظر الى المكان الذي ينشأ فيه الكيميوم في الجذور ، لا يكون هذا النسيج الانشائي — في المراحل المبكرة من تكشفه — أسطوانة منتظمة ، بل يكون — كما يبدو في القطاع العرضي — على هيئة شريط من النسيج ، يتقوس الى الخارج حول أطراف مجموعات الخشب الابتدائي ، والى الداخل تحت أشرطة اللحاء . ويكون إنتاج الأنسجة الثانوية عادة أسرع ما يمكن تحت مجموعات اللحاء ، ومن ثم فإن الكيميوم — كما يرى في القطاع العرضي للجذور الأكبر سناً — يتخذ شكل دائرة . وفي بعض الجذور ، يتكون قدر كبير من النسيج الثانوي ، نتيجة نشاط الكيميوم الموجود الى الداخل من مجموعات اللحاء ، قبل أن يتم الكيميوم امتداده حول الخشب ، ومن ثم فإن الصورة المترجعة المبكرة لأسطوانة الكيميوم ، لا يكون لها وجود .

الكيميوم الخزمي وبين الخزمي : ان الكيميوم الأولى ، الذي ينشأ مبكراً ، من المرستيم الأولى في السوق ، يكون في العادة على هيئة أشرطة منفصلة تقريباً . وتتحده هذه الأشرطة في بعض النباتات جانبياً — كلياً أو جزئياً — وذلك بظهور أشرطة اضافية مائلة ، بين الأشرطة الأولى ، وبالاتداد الجانبي لهذه الأشرطة الأخيرة . وعلى ذلك تتكون أسطوانة متصلة أو متقطعة من الكيميوم الأولى ، وفي سياق التطور تعطي هذه الأسطوانة من الكيميوم الأولى أسطوانة من النسيج الوعائي الابتدائي والكيميوم ، وتكون هذه الأسطوانة الأخيرة بالمثل كاملة أو متقطعة . وقد تتكون في النهاية أسطوانة من النسيج الوعائي الثانوي ، تنشأ

على هيئة أشربة كما نشأت الأسطوانة الابتدائية (شكل ٨١ ب - د) . وفي بعض النباتات العشبية ، كجنس الشقيق^(١) والجذاع^(٢) ، لا يحدث اتصال جانبي بين أشربة الكمبيوم الأولى - وبالتالي بين الأنسجة الوعائية الابتدائية - بل تظل كأشربة منفصلة . وفي هذه النباتات يكون الكمبيوم أيضا على هيئة



(شكل ٨١)

رسم تخطيطي يوضح تكوين الأسطوانة الكمبيومية في السوق . (النسيج الابتدائي مخطط في اتجاه واحد ، والناوي مخطط في اتجاهين) . ١ - د ، المراحل المتتالية في النوع الذي تتكون فيه أسطوانة ابتدائية كاملة : ١ ، الأنسجة الابتدائية الأولى وقد نضجت في أشربة الكمبيوم الأولى ، وفهر الكمبيوم في وسط الحزمة ، ب ، ج ، الحزم وقد ازدادت في الحجم ، وتكونت فيها الأنسجة الثانوية ، وظهرت حزم صغيرة جديدة بين الحزم الأولى ، د ، تكوين أسطوانات ابتدائية وثانوية وكمبيومية كاملة بالحداد الحزم . هـ - و ، المراحل المتتالية في نوع يحتوي على أسطوانة كمبيومية كاملة ، إلا أن الأسطوانة الابتدائية غير كاملة : هـ ، الكمبيوم الحزمي وقد كون أنسجة ثانوية داخل الحزم ، والكمبيوم بين الحزمي وقد ظهر للتو ، و ، الأنسجة الثانوية تكمل الأسطوانة الوعائية . ز ، تماثل هـ - و ، إلا أن الكمبيوم بين الحزمي لا يكون غير خلايا برنشيمية أو سكلرنشيمية ، ح ، تماثل ز ، ولكنها تحتوي على كمبيوم بين حزمي آخرى ، يكون خلايا وعائية قليلة أو لا يكون على الإطلاق ، ط ، أسطوانة ابتدائية من حزم منفصلة ، يحتوي كل منها على كمبيوم وأنسجة ثانوية ، ولا يحدث اتحاد نتيجة للنمو الناوي .

شرائع طولية ، حيث أنه لا يمتد جانبيا خارج حدود الخشب واللحاء الابتدائين اللذين نشأ بينهما (شكل ٨١ ط) . وعليه فإن تلك الشرائع الكمبيومية ، تكون المرستيم الكمبيومي بأكمله ، غير أنه كثيرا ما يحدث في السوق العشبية ، أن يمتد الكمبيوم جانبيا ، عبر المسافات البينية ، الى أن تتكون أسطوانة كاملة

Ranunculus (١)

Impatiens (٢)

(شكل ٨١ هـ ، و) . وحشما تحدث هذه الامتدادات ، ينشأ الكميوم من خلايا انشائية بين حزمية ناتجة من المرستيم القمى . ويطلق على شرائح الكميوم ، التى تنشأ داخل الحزم الجانبية « الكميوم الحزمى » ، أما الشرائح التى تتكون بين الحزم فتعرف « بالكميوم بين الحزمى » (شكل ١٤٠ ا) . والمصطلح الأخير ، يكون فى بعض الأحيان مقصورا على الشرائح الكميومية ، التى توجد بين الحزم الابتدائية ، والتى لا يتكون نتيجة لنشاطها خشب ولحاء ، بل خلايا برنشيمية فقط (شكل ١٣٥ د) ، كما فى جنس كليماتس^(١) .

وبين الحالة الموجودة فى بعض النباتات ، حيث تتكون أسطوانة كاملة من الكميوم من أسطوانة كاملة من الكميوم الأولى ، والحالة التى تكثر فى الأعشاب حيث يوجد الكميوم — حتى فى النباتات البالغة — على هيئة شرائح منفصلة ، توجد كل الحالات المتوسطة ، التى تعتمد على تكون الكميوم بين الحزم ونشاطه وفى النباتات العشبية التى تحتوى على أسطوانات خشبية ، قد يكون الكميوم بين الحزمى ، مماثلا للكميوم الحزمى من حيث النشأة والوظيفة ، غير أنه يتأخر فى تكشفه من الكميوم الأولى العادى ، الذى قد يعطى بين الحزم قليلا من النسيج الوعائى الابتدائى . ويكون الكميوم بين الحزمى أنسجة وعائية ثانوية عادية ، على نفس نمط الكميوم الحزمى ، وإن كانت الكميات المتكونة ، ليست فى أغلب الأحيان كبيرة (شكل ٨١ و) . وقد يتكون نفس التركيب من كميوم بين حزمى ، ينشأ من أنسجة برنشيمية مستديرة تقريبا ، إلا أنه فى أكثر الأحيان لا يتكون نسيج وعائى حقيقى ، بل يعطى الكميوم خلايا برنشيمية فقط ، كما فى جنس كليماتس . وفى مثل هذه الظروف تفصل بين الحزم الوعائية المتفرقة خلايا برنشيمية ثانوية . وتلك على ما يبدو حالة متخصصة ، يكثر وجودها فى الكروم الخشبية وبعض الأنواع العشبية . وهى دون شك حالة مشتقة من حيث نشوئها السلبنى من الحالة الخشبية ، وليست — كما يقال كثيرا — مرحلة فى تكوين أسطوانة خشبية بالتحام الحزم الوعائية . وفى بعض السوق العشبية — كسوق أنواع جنس حشيشة المبارك^(٢) الغافث^(٣) ، على سبيل المثال — يوجد كميوم بين حزمى أترى غير كامل ، لا تنقسم خلاياه المنفصلة غير مرة أو مرتين (شكل ٨١ ح) .

وقت تكوين الكميوم في السوق في سوق النباتات التي تحتوى على تفلظ
ثانوى جيد التكوين ، يبدأ تيز الكميوم من الكميوم الأولى ، في منطقة بعينها ،
قبل أن تتوقف تلك المنطقة عن الاستطالة مباشرة . وفي هذا الوقت لا تثبت
المشتقات الكميومية — بالطبع — على حالها ، بل قد تحدث بعض الانقسامات
بحيث أنه عندما تتوقف الاستطالة مباشرة ، تأخذ المشتقات الكميومية في النضج ،
في آن واحد مع الخشب التالي الابتدائي ، هذا على الرغم من أن نسبة كبيرة من
الخشب التالي ، تنضج قبل ذلك . وفي معظم النباتات ، يستمر تكوين الكميوم في
الأجزاء الجديدة من المحاور ، طالما كانت الزيادة في طول تلك المحاور مستمرة .
وفي النباتات التي تحتوى على مرستيمات بينية ونمو ثانوى — كما في بعض أنواع
النعناع — قد يوجد الكميوم في مرحلة مبكرة من تكوينه ، في مناطق غير تلك
التي توجد بالقرب من أطراف المحور . ويمكن القول ، بوجه عام ، أنه في النباتات
التي تحتوى على نمو ثانوى ، تكون استطالة الساق — حينما تحدث — مصحوبة
أو متبوعة مباشرة بتكوين كميوم . وفي بعض الأعشاب النجمية ، التي تحوى
قليلا من النمو الثانوى ، قد يتأخر النشاط بعض الوقت .

وقت تكوين الكميوم في الجذور : في أكثر الأحيان ، لا يتكون الكميوم في
الجذور ، بعد توقف الاستطالة مباشرة كما هي الحال في سوق نفس النبات .
وقد لا يتكون كميوم على الإطلاق ، في كثير من جذور الامتصاص الصغيرة ،
هذا على الرغم من حدوث النمو الثانوى بوفرة ، في السوق والجذور الأكبر حجما
ويبدو أن نقص النمو الثانوى ، مرتبط بوظيفة الجذر كمضو ماص ، اذ حينما
يتكون نمو ثانوى وفير ، يصبح الجذر غير قادر على الامتصاص في تلك المنطقة ،
ويعزى ذلك لثلب الشعيرات الجذرية والاندودرمس والقشرة ، ولتكون البريدرم
المباشرة عادة . وقد لا تحتوى جذور بعض النباتات العشبية على تفلظ ثانوى ،
حتى ولو كان هذا النمو يحدث في السوق ، وفي بعض الأنواع الخشبية ، لا يوجد
في نسبة كبيرة من الجذيرات الليفية ، غير نمو ابتدائي فقط . ويتكون الكميوم
بعد توقف الاستطالة مباشرة ، في المجموع الجذرى الرئيسى ، لكل من النباتات
العشبية والعشبية .

اتساع الكميوم : في النبات الخشبي العادى ، وفي كثير من الأعشاب أيضا ،
يكون الكميوم طبقة في الجزء الداخلى بأكمله من الجسم ، وذلك باستثناء القمم

النامية ، حيث لا يكون الكميوم قد تم تميزه بعد . ويكون الكميوم في أى جزء من الساق أو الجذر على هيئة أسطوانة مجوفة ، أما كميوم النبات كله ، فيكون على هيئة تركيب أنبوبى متفرع . وكثيرا ما يطلق على طبقة الكميوم بأكملها اسم « أسطوانة الكميوم » . وتوجد في المسيرات الورقية امتدادات شريطية الشكل من الكميوم ، وعند فرجات الأوراق والفروع ، التى تعلو تلك المسيرات ينقطع اتصال الكميوم ، عندما يكون المحور حديث التكوين . وفى خلال أسابيع قليلة من بدء النمو الكميومى — أو على الأكثر فى خلال أشهر قليلة ، ويتوقف طول الوقت ، على حجم الفرجة وعلى عوامل أخرى — يمتد الكميوم عبر الفرجات ، مسببا انفلاقها بالتدرج من الأطراف . ومن ثم تصبح اسطوانة الكميوم غير متقطعة الا فى مناطق الجروح .

وفى النباتات التى تحتوى على عمود وعائى مجزأ ، كما فى بعض النباتات العشبية ، لا يزيد اتساع الكميوم — كما سبق أن ذكرنا — على عرض الحزم التى يتكون منها العمود الوعائى . ويتركب الكميوم فى هذه النباتات من أسطوانة متقطعة من الأشرطة . وتسلك الأشرطة مسالك مختلفة ، على حسب نظام المجموع الوعائى الابتدائى (الفصل الخامس) . وتتفاوت هذه الأشرطة أو الصفائح الكميومية فى اتساعها ، بالقدر الذى يتفاوت به عرض الحزم الوعائية ، التى تكون الأشرطة جزءا منها . وفى بعض الأنواع العشبية النجمية ، يكون العرض الكلى للأشرطة عبارة عن جزء صغير من محيط العمود الوعائى ، وقد يمتد الكميوم على هيئة أشرطة داخل العنق والحزم الوعائية الكبيرة فى الاوراق .

تعمير الكميوم : يتفاوت عمر الكميوم الوظيفى تفاوتا كبيرا ، فى الانواع المختلفة من النباتات ، وفى الاجزاء المختلفة ايضا من نفس النباتات . ففى النبات الخشبي الممر يبقى كميوم المحور الرئيسى حيا ، من وقت تكوينه حتى موت النبات . وتعزى الى نشاط الكميوم المتصل ، فى تكوين خشب ولحاء جديدين ، قدرة تلك النباتات فى المحافظة على بقائها ، وذلك لأن الحياة الوظيفية ، لجزء معين من هذه الانسجة قصيرة نسبيا . وفى الاوراق ، والنورات ، والاعضاء الأخرى المتساقطة ، تكون الحياة الوظيفية للكميوم قصيرة ، تبلغ فى كثير من الاوراق أياما قليلة فقط ، وتصل فى الشماريخ الزهرية الى أسابيع قليلة على الأكثر . وفى هذه الحالة تتحول كل الخلايا الكميومية الى نسيج وعائى ، ومن ثم يلتصق

الخشب الثانوى مباشرة باللحاء الثانوى ، داخل الحزمة الوعائية . وفى الأفرع الحولية للنباتات المعمرة ، وفى سوق الحوليات بوجه عام ، يكون الكميوم من هذا الطراز ، أى يؤدي وظيفته بنشاط لوقت قصير فقط ، ثم تتحول كل خلاياه الى أنسجة وعائية . وفى بعض الأعشاب المتخصصة من ذوات الفلقتين ، التى تحتوى على حزم وعائية صغيرة متفرقة أو أسطوانيات وعائية رقيقة ، لا يحدث غير نمو ثانوى قليل . وقد تفتقر بعض تلك النباتات الى النمو الثانوى كلية ، أو يوجد بها قدر قليل منه ، بحيث يصعب تحديده ، ما اذا كان قد تكون فى وقت ما كميوم حقيقى ، أو لم يتكون على الإطلاق ، اذ أن آخر ما تكون من خلايا الخشب التالى ، قد يكون مرتبا فى صفوف قطرية منتظمة تقريبا ، تلبس مع الخشب الثانوى .

تأثير النشاط الكميومى فى الجسم الابتدائى : لما كان الكميوم ينشأ بين الخشب واللحاء الابتدائيين ، فإن جزءا من الجسم الابتدائى ، يحاط بالأنسجة الحديثة التكوين . وينقطع اتصال هذا الجزء الداخلى — النخاع والخشب الابتدائى — بالأجزاء الخارجية تماما . ويبقى ذلك الجزء داخل سياج الأنسجة الثانوية ، دون أن يتغير ، الا فى الاختفاء النهائى للمحتويات الحولية ، وفى بعض التغيرات الكيميائية ، التى تصاحب موت خلايا النخاع والبرثيسية الخشبية . ولا يصبح هيكل الخشب الابتدائى مشوها ، بتقدم الساق فى العمر . وفى كثير من الأعشاب يتلاشى النخاع بالقرب من القمة النامية ، أثناء استطالة المحور ، وتمدد الأنسجة الخارجية السريع ، على حين يكون النخاع متابعا نموه ونضجه ، وليس ذلك نتيجة للنمو الثانوى . والجسم الابتدائى الأصلى الموجود داخل المكان الذى كان يشغله الكميوم أولا ، يوجد فى السوق والجذور المسنة بالصورة التركيبية ، التى كان عليها قبل أن يبدأ النمو الثانوى ، فالهيكل الخشبي ، والنخاع ، والفرجات والأجزاء الداخلية للمسيرات الورقية التى توجد فى البادرة ، ما تزال موجودة فى قاعدة جذع الشجرة القديم .

أما الأنسجة الابتدائية الموجودة خارج الكميوم — وهى اللحاء الابتدائى والبرسيسكل ، والاندودرمس ، والقشرة ، والبشرة — فهى ، على النقيض ، تزاح الى الخارج نتيجة لتكون الأنسجة الثانوية . ولما كانت الزيادة فى المحيط ، الذى تنظم عليه تلك الأنسجة ، تفوق فى سرعتها مدى المواءمة ، التى تسمح به

جزئية الزيادة في القطر الناجمة عن النمو الثانوى . غير أنه في معظم النباتات ، ذوات النمو الثانوى المعمر ، جيد التكوين ، تنسحق هذه الأجزاء الخارجية عاجلا أو آجلا ، أو تتزق وتحموت ، بتمرضها للجفاف ، وغيره من العوامل الضارة ، وبخاصة انقطاع المدد الغذائى ، نتيجة لتكون طبقات القلين الى الداخل من هذه الأجزاء (الفصل التاسع) . وسرعان ما تنسلخ الأجزاء الميتة ، اما بالانحلال أو الانفصال ، وبعد فترة من الوقت — تتفاوت في الأنواع المختلفة ، من أسابيع قليلة الى سنين عدة — يختفى الجسم الابتدائى الخارجى . وعليه فان تكوين الأنسجة الثانوية ، من شأنه أن يحفظ الجزء الداخلى متماسكا ، ولكنه مسئول عن تلاشى الجزء الخارجى في النهاية . وهناك حالات استثنائية لفقد الجزء الخارجى من الجسم الابتدائى بأكمله ، توجد في عدد قليل من النباتات الخشبية ، حيث تبقى القشرة سنين كثيرة ، نتيجة لقدرة خلاياها البرثسية على النمو الابتدائى البطيء وهذا النمو البطيء المستمر طويلا في الأنسجة الابتدائية ، يوجد في بشرة بعض الفروع الخشبية ، وفي القشرة والبريسكيل لنفس النباتات ونباتات أخرى مشابهة ، وفي الساق كلها تقريبا في عدد قليل من النباتات ، كما في جذوع بعض النخيل التى تفترق الى نمو ثانوى .

والأنسجة الابتدائية الخارجية ، التى تبقى دون أن تتغير بعد حدوث نمو ثانوى ملحوظ ، هى أوضح ما تكون في النباتات العشبية . ففي هذه النباتات يكون داخل النموين ، الابتدائى والثانوى — بالنسبة لوقت تكونهما وموضعهما في المحور — أكبر منه في النباتات الخشبية . كما أن الأنسجة الخارجية مهمة لمواجهة الزيادة في القطر ، الناجمة عن النمو الثانوى ، مع حدوث تشوبه أقل مما يحدث في النباتات الخشبية النموذجية . غير أنه في كثير من الأحيان ، عندما تتقدم الساق في العمر ، تصبح الخلايا الرخوة في القشرة والبريسكيل واللحاء مضغوطة بشدة في الاتجاه القطرى ، وذلك كما في أجناس الاسطير^(١) والكتان والقمب ، وكثير من الأعشاب المماثلة ، التى تحتوى على أسطوانات خشبية غليظة .

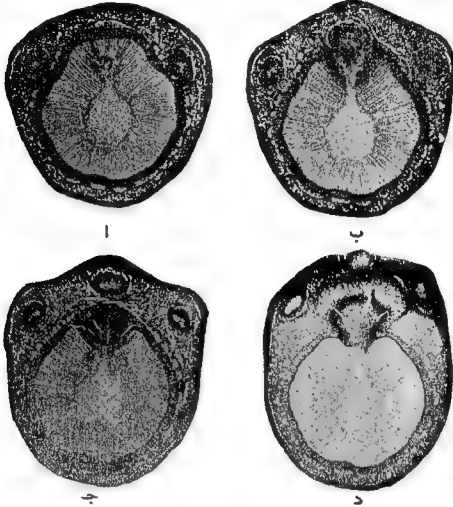
علاقة النمو الثانوى بالمسيرات الورقية : ان بروز المسيرات الورقية عند العقد ، من شأنه أن يجعل تركيب الساق معقدا . فمع الزيادة في غلظ الخشب الثانوى ، تنظم قواعد المسيرات الورقية (وهى تلك الأجزاء الموجودة داخل

أسطوانة الكميوم) ، ولما كان الكميوم يوجد دائماً بين الخشب واللحاء (شكل ٨٢) ، فإن تكوين خشب جديد ، يسبب تحرك اللحاء بأكمله ، وكذلك الكميوم نفسه الى الخارج ، وليس هذا في المحور فقط ، بل في المسير الورقى أيضا (شكل ٨٢ ب) . وبالنسبة الى المكان الذى ينشأ فيه الكميوم ، فإن النمو الثانوى يطرأ أجزاء المسيرات الورقية القريبة من المركز ، أما الجزء الموجود الى الداخل من الخشب الابتدائى ، فلا يحتوى على لحائه وينظم دون أن يتغير ، وينسلخ اللحاء من المسير الملاصق لذلك الجزء ، ويزاح الى الخارج ، تاركا خشب المسير وحده مطمورا في الخشب الثانوى للساق (شكل ٨٢ ب) . ويعتمد طول الجزء المطمور اعتمادا كبيرا على الزاوية التى يصنعها المسير عند خروجه .

ولا ينظم من المسير الموجود خارج المكان الأصلي للكميوم ، غير أجزاء صغيرة فقط ، إذ أن النمو الثانوى المستمر ، يدفعه القشرة واللحاء ، اللذين تنظم فيهما الأجزاء الخارجية ناحية الخارج ، يسبب انفصال المسير الى جزأين ، الجزء البعيد منهما يتمزق ويحمل الى الخارج من الأنسجة التى يرقد فيها . ويمزق التمزق الى الدفع الخارجى ، الذى يبدىه النمو الثانوى فى اتجاه جانبى على المسير (شكل ٨٤ أ - د) . ولا يحدث هذا التمزق ، الا بعد مضى بعض الوقت على سقوط الورقة ، وغالبا ما يكون ذلك فى فصل النمو الأول أو الثانى الذى يتلو ذلك . ويطرأ الخشب الثانوى الذى يتكون فى السنة الأولى الجزء الداخلى من المسير من غير أن يلحق به أى ضرر ، وفى نفس الوقت ، يزاح اللحاء ببطء ناحية الخارج دون أن يتمزق . ويتوقف الوقت الذى يتمزق فيه المسير - وعناصره ميتة لا تؤدى وظيفتها بعد سقوط الورقة - يتوقف على عدد من العوامل هى : معدل النمو الثانوى ، وحجم المسير وشكله فى القطاع العرضى ، وزاوية خروج المسير بوجه خاص (شكل ٨٤ ب ، هـ ، و) . فكلما اقترب مسلك المسير فى الساق من الزاوية القائمة (شكل ٨٤ هـ) ، طالت الفترة التى تسبق التمزق ، وذلك لأن الأنسجة المحيطة تنسلخ بعيدا ، وينظم شريط الخشب .

أما حيشما يمر المسير رأسيا الى أعلى خلال القشرة ، فانه سرعان ما يتمزق ، ويمزق ذلك ، لتعرض جزء خارجى طويل من المسير للدفع الخارجى الناتج عن النمو الثانوى (شكل ٨٤ و) . ويتأخر تمزق المسيرات الكبيرة عن المسيرات

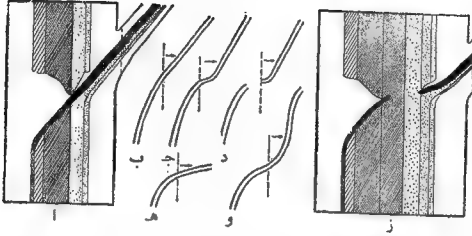
الصغيرة ، كذلك يتأخر تمزق المسيرات الهلالية الشكل أو التي تشبه حدود



(شكل ٨٣)

قطاعات مرضية في مستويات متتابة فوق منطقة العقدة في فرع تفاح عمره سنة . ١ المسيرات الورقية الجانبية وقد ميرت الى القشرة وانفلقت فرجانها ، ب ، السير الوسطى وقد عبر الى القشرة ، تاركا الفرجة مفتوحة ، أما مسيرات الفروع (التي بعد البرعم) الداكنة الاصطباج ، لناشئة من جوانب الفرجة ، ج ، خرجت المسيرات الورقية الثلاثة تماما في القشرة ، وانعدت مسيرات الفروع ، وظلت الفرجة واضحة ، د ، المسيرات الورقية داخلة في قاعدة المنق ، وكونت مسيرات الفروع اسطوانة وعائية كاملة تقريبا

الحصان في القطاع العرضي عن المسيرات الشريطية الشكل . وعلى ذلك تنفصل الأجزاء الخارجية والداخلية للمسيرات (شكل ٨٤ ز) ، أما الجزء الخارجي ، فيفقد في النهاية مع تلاشي القشرة ، على حين يبقى الجزء الداخلي ، محفوظا الى ما لا نهاية بانطماره في الخشب .

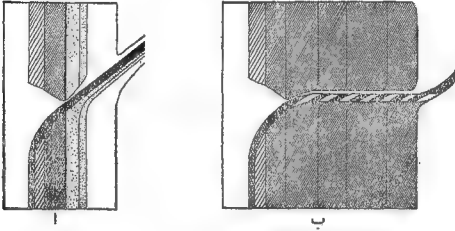


(شكل ٨٤)

رسم تخطيطي يوضح تمزق المسير الورثي في النباتات متساقطة الأوراق ١٠ ، قطاع طولى في مقدمة في نهاية فصل النمو الأول ، وقد انفصلت الفرجة وانطمرت قاعدة المسير في الخشب الثانوى ب ، ج ، د مراحل في حالة المسير (الأجزاء الأخرى محذوفة) في أثناء فصل النمو الثانى : ب ، المسير دون أن يحدث فيه تغير ، ج ، المسير وقد تمدد والنوى ، د ، المسير وقد انفصل إلى جزأين ، وانتقل الجزء الخارجى إلى الخارج ، الخطوط المتقطعة تمثل موضع الكميوم ٥ ، هـ ، نوع المسير الذى يتمزق في بدء شديد ، النوع الذى يتمزق سريما ز ، قطاع طولى في مقدمة عند نهاية الفصل الثانى وقد انفصل طرفا المسير بالخشب واللحاء الثانويين (التظليل كما في شكل ٨٢) .

وفي الأوراق المستديمة الحضرة ، يزداد امتداد المسيرات بنوع من النمو الثانوى ، يعمل على زيادتها في الطول ، بإضافة نسيج جديد في وسطها . ويتمزق الخشب الابتدائى للمسير تدريجيا وفي اتجاه مائل ، وتكون في نفس الوقت خلايا جديدة ، لتحل محل التى تلفت ، يضيفها كميوم المنطقة الابضية (شكل ٨٥) وظالما استمر بقاء الورقة ، فإن الخلايا العليا ، الأكبر سنا من خشب المسير ، تتمزق باستمرار ، وتضاف من أسفل خلايا جديدة . وفي الغالب لا تغلق الفرجة تماما ، بل تظل مفتوحة حتى يتمزق المسير . وعلى ذلك ، فحيثما تدوم الأوراق طويلا ، كما في جنس أروكاريا ، فإن المسير قد يصبح طويلا جدا ، وظاهرا في الحلقات السنوية للخشب الثانوى ، لمسافة بعيدة من مركز الشجرة . وبعد أن تموت ورقة دائمة الحضرة ، يتمزق مسيرها تمزقا تاما ، كما هي الحال في الأوراق المتساقطة . وفي النباتات المتساقطة الأوراق والدائمة الحضرة ، تغطي عادة النهايات المحزقة للمسيرات الورقية سريما ، بخلايا كميوم مثالية . وفي هذه الحالة سرعان ما يختفى الدليل على موضع المسير في الخشب الثانوى ، والذى يتكون مؤخرا ، إلا أنه في جنس الأجات والأروكاريا ، يستمر كميوم المسير في تكوين

خلايا مسيرية الشكل ، بعد سقوط الورقة ، ومن ثم تظهر دائماً في الخشب الثانوى — حتى في جذوع الأشجار المسنة — مسيرات ورقية مطمورة .



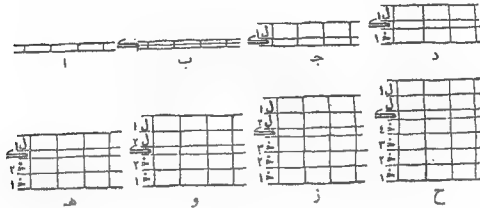
(شكل ٨٥)

رسم تخطيطى يوضح امتداد المسير في الأوراق الدائمة الاخضرار . ١ ، الحالة الموجود عليها المسير عند نهاية الفصل الأول ، ب ، عند نهاية الفصل الخامس (الأجزاء الموجودة خارج الكمبيوم محطولة) . في ب ، تبدو الأجزاء الابتدائية من المسير (وهى السوداء المصمتة) مفصولة بجزء وسطى ثانوى (هو المظلل بأسود وأبيض على التناوب) ، ويتمزق هذا الجزء ، بصورة مماثلة للابتدالى ، غير أن التمزق يكون مستمرا ، ويبنى المسير بديل من جديد بواسطة جزء أبطل من الكمبيوم ، هو عبارة عن امتداد على طول الجانب السفلى للمسير عند نقطة اتصاله بالخشب الثانوى . (التظليل كما في شكل ٨٢ . لزيادة الإيضاح انظر الشرح)

وتنظم مسيرات الفروع ، بنفس الكيفية التى تنظم بها مسيرات الأوراق ، غير أنها — بالطبع — لا تتمزق . وسيكون انظار قواعد الفروع محل دراسة في آخر هذا الفصل .

علاقة النمو الثانوى بفرجات الأوراق والفروع : تتغلق الفرجات الورقية بالامتداد الجانبى التدريجى للكمبيوم ، وتنشأ الخلايا الانشائية الجديدة ، على ما يبدو من الخلايا البرنشيمية للفرجة . ويحدد حجم الفرجة وشكلها ، الى درجة ما ، طول الوقت الذى يضى قبل أن تغلق الفرجة ، فالفرجات الواسعة تغلق بدرجة أبطأ من الفرجات الضيقة الطويلة . وفى معظم كاسيات البذور ، تغلق الفرجات في الفصل الأول (شكلا ٨٣ ، ٨٤ ، ١٨٤ ، ز) . أما فرجات الفروع ، وهى غالباً كبيرة ، فتغلق بدرجة أبطأ من فرجات الأوراق ، وقد تبقى بعض فرجات الفروع مفتوحة من سنتين الى أربع سنوات .

وظيفة الكميوم : المرستيمات التى تكون الأنسجة الثانوية ، هى فى العادة عبارة عن صحائف من البداءات ، أحادية الصف ، تعطى خلايا جديدة على كلا الجانبين عادة . والكميوم — وهو مرستيم من هذا الطراز — يعطى خشبا للداخل ولحاء للخارج . فالانقسام المماسى للخلية الكميومية ، يؤدى الى تكوين خليتين وليدين ، متماثلتين ، (شكل ٨٦ ب) : تبقى احدهما خلية مرستيمية ،



(شكل ٨٦)

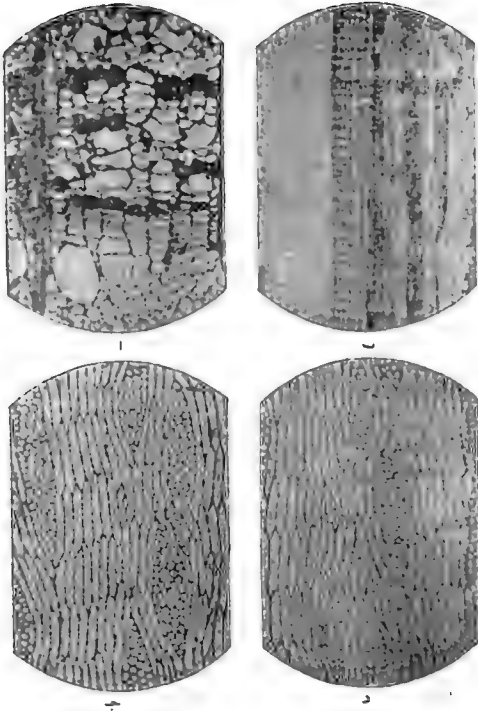
رسم تخطيطى يوضح تكوين الخشب واللحاء بواسطة الكميوم كما يوضح التفريعات فى موضع اللحاء والكميوم نتيجة لهذا النشاط . ١ ، الكميوم ، ب خلايا الكميوم وقد انقسمت وكونت كل منها خليتين وليدين ، ج ، تكبر احدى الخليتين الوليدتين وتنضج كخلية لحاء (ل) ، أما الأخرى فتكبر الى حجم الخلية الكميومية وتبقى خلية نشائية (ك) ، ولا يحدث أى تغيير فى موضع الكميوم . د ، خلايا الكميوم وقد انقسمت ثانية ، ونفجت فى هذه الحالة الخلية الوليدة الداخلية الى خلية خشب (خ) ، أما الخلية الوليدة الخارجية فتصبح خلية كميوم (ك) ، وينقل الكميوم واللحاء الى الخارج بمقدار عرض خلية الخشب . هـ - ح - حدوث انقسامات أخرى ، يؤدى الى تكوين خلية لحاء ثانية وثلاث خلايا خشب أخرى . (خلايا الخشب واللحاء ممثلة هنا كخلايا بالغة قبل تكوين الخلية التالية ، فى حين أن عددا من الخلايا توجد عادة فى حالة غير بالغة)

هى الخلية الكميومية الدائمة ، وتحول الثانية الى خلية خشب والدة ، أو خلية لحاء والدة (شكل ٨٦ ج) ، ويتوقف ذلك على ما اذا كانت داخلية ، أو خارجية الموضع بالنسبة للبداءة . وتستمر خلية الكميوم فى الانقسام بنفس الطريقة . وفى كل مرة تبقى خلية وليدة كخلية كميوم ، وتحول الأخرى الى خلية خشب أو لحاء والدة . والتابع فى تكوين الخشب واللحاء فى هذه العملية — ان كان هناك ثمة تتابع منتظم — غير معلوم . ومن المحتمل ألا يكون هناك تتابع محدد ، وقد يتكون — لفترات قصيرة — نوع واحد من النسيج . والدليل على عدم وجود تتابع ، أنه فى كثير من الأحيان — فى النباتات الخشبية والعشبية على

السواء — تفوق خلايا الخشب المتكونة خلايا اللحاء عدة مرات . وبديهي أن الخلايا الكميومية المتلاصقة تنقسم في نفس الوقت تقريبا ، وتنسب الخلايا الوليدة الى نفس النسيج . وبهذه الطريقة ، يظل الاتصال المماسي للكميوم محفوظا .

وفي أثناء تكوين الخشب ، تسبب زيادة الخلايا النامية في الحجم تحرك الكميوم وجميع الخلايا الموجودة خارجه ناحية الخارج . وهذا من شأنه أن يزيد من قطر الأسطوانة الكميومية . ويسبب تضيق خلايا اللحاء ، تحرك هذه الخلايا وتلك الموجودة الى الخارج منها فقط ، ناحية الخارج ، أما مكان الكميوم فلا يتغير بتكون اللحاء . ويؤدي نشاط الكميوم ، الى تحركه ناحية الخارج ، في كل فصل ، بما يعادل غلظ الخشب البالغ المتكون في ذلك الفصل .

تركيب الكميوم : يوجد بوجه عام رأيان بالنسبة للكميوم ، كطبقة انشائية الأول يعتبر الكميوم متكونا من طبقة ذات صف واحد من خلايا انشائية دائمة ، ومشتقاتها من الخلايا — على الرغم من أنها قد تنقسم مرات قليلة — تتحول مباشرة الى نسيج دائم ، أما الرأي الآخر ، فيعتبر أن هناك صفوفًا عديدة من خلايا انشائية تكون منطقة الكميوم ، وتعمل بعض هذه الصفوف كطبقات مولدة للخلايا ، ولو على الأقل لوقت قصير . وحيث أن الخلايا تصل الى مرحلة البلوغ باستمرار أثناء فترات النمو على كل من جانبي الكميوم ، فإنه يصبح من الواضح ، أن طبقة واحدة فقط من الخلايا هي التي يمكن أن يكون لها وجود دائم ، كطبقة كميوم . والطبقات الأخرى — أن وجدت — تؤدي وظيفتها مؤقتا فقط ، ثم تتحول — ان عاجلا أو آجلا — الى خلايا مستعدة . والسؤال الذي يتبادر الى الذهن هو ، كم عدد المرات التي تستطيع فيها خلية الخشب أو اللحاء الوالدة ومشتقاتها ، أن تنقسم ، هذا الأمر من الصعب تحديده ، ومن المحتمل ألا يكون ثابتا . ويبدو أن الانقسامات تحدث بدرجة أكثر في بداءات اللحاء منها في بداءات الخشب . (الانقسامات العرضية ، كذلك التي تؤدي الى تكوين برنثسية خشب ولحاء ، ليست محل دراسة هنا) . وقد لا تنقسم خلايا اللحاء والخشب الوالدة ، أو قد تنقسم مرات قليلة . وفي فترة النمو السريع ، قد تكون الانقسامات أكثر منها في أى وقت آخر . ومصطلح «الكميوم» حين يستعمل بغير دقة ، للدلالة على كل المنطقة المتميزة بين الخشب واللحاء



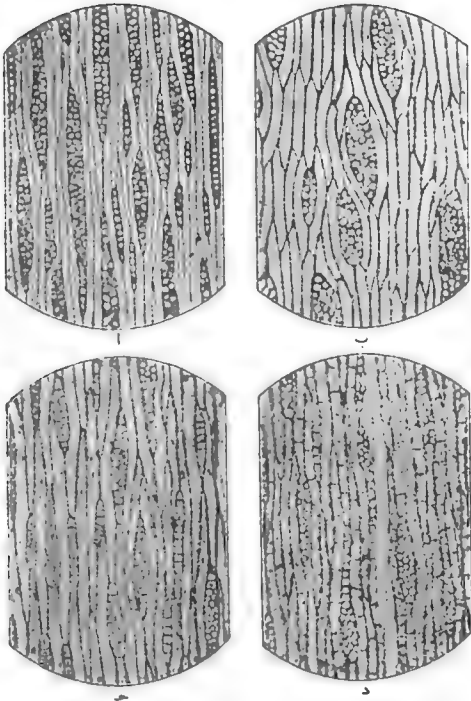
(شكل ٨٧)

الكتيوم. أ، ب، ج، د، أوضاع حبي المس، أ، قطع عرضي، ب، حالة كتوم، ج، قطع قطري، د، حالة كتوم، ويوجد الكتيوم في وسط الشكل، ولري في مظهر سطح النحول انقزرة الاشعالية^٢ الموجودة في النحور القطرية لكتاب الكتيوم والكتاء غير المتصح. (فيما يخص بالقطع المتصح ليس النوع من حبي المس انظر شكل ٨٨ ب، ج، د، أوضاع حبي روسيا، ج، قطع متوازي، د، الكتيوم في حالة كتوم، ولري النحول القطرية الايدالية في القطع متطية، النحور القطرية مظهرا سبجيا، د، قطع متوازي، كما في ج، د، غير أن النمو مستمر، والنحور القطرية أرق كثيرا والنحور القطرية غير ظاهرة أو مملوءة - $\times 100$

البالغين (شكلا ٨٧ ، ٩٠) ، يؤدي غالبا الى الاعتقاد بأن الكميوم (في مفهومه الأدق) عبارة عن طبقة متعددة الصفوف . وعلى الرغم من أن المصطلح استعمل أولا للدلالة على طبقة واسعة من مادة متميزة ، كان يعتقد ، ولو على الأقل جزئيا ، أنها ليست ذات تركيب خلوي ، فإن أفضل استعماله الآن ، هو للدلالة على الطبقة الانشائية فقط .

التركيب الخلوي للكميوم : خلايا الكميوم ، بوجه عام ، على نوعين مختلفين اختلافا جوهريا هما : البداءات الشعاعية ، وهي متساوية الأقطار تقريبا ، وتعطى الأشعة الوعائية ، والبداءات المغزلية ، وهي خلايا مستطيلة مستدقة تقسم لتكون كل خلايا المجموع الرأسى (شكل ٨٧ ، ٩٠) . وتتوحد بداءات الأشعة تنوعا قليلا في الشكل الخلوي ، وعدد البداءات المختصة بتكوين الشعاع ، قليل أو كثير ، ويتوقف ذلك على حجم الشعاع ، الذى يختلف كثيرا في الأنواع المختلفة من النباتات ، وفي كثير من الأحيان في نفس النوع . أما البداءات المغزلية ، فيتمتظمة الشكل ، كما ترى في القطاع العرضي ، إلا أنها تتباين تباينا كبيرا ، من حيث نسبة الطول الى العرض المماسي . ففي النباتات الحشبية ، ذات الخلايا الكميومية القصيرة نسبيا ، مثل جنس روينيا^(١) (شكل ٨٧ ، د) و جنس الماس^(٢) (شكل ٨٨ ب) يبلغ الطول خمس الى عشر مرات قدر العرض المماسي . وفي نباتات أخرى ، مثل جنس الكمثرى (شكل ٨٨ ا) ، والجوز^(٣) (شكل ٨٨ ج) وطرز أخرى تكون الأنسجة الوعائية فيها غير متخصصة نسبيا ، تبلغ نسبة الطول الى العرض المماسي خمسة وعشرين (أو أكثر) الى واحد . وتمثل عاريات البذور حالة متطرفة فقد تبلغ النسبة في أى مكان فيها ، من خمسين الى واحد ، الى مائة (أو أكثر) الى واحد ، ويتوقف ذلك على النوع وعلى عوامل أخرى . وفي النباتات العشبية — كقصب من النباتات — يكون الطراز السائغ ، هو ذلك الذى يتكون من بداءات أقل طول . ومن الواضح أن الكميوم ذا البداءات القصيرة ، هو أكثر الطرز تخصصا ، وهو الأحدث من حيث تكوينه السلفي .

حجم الخلايا الكميومية : تتفاوت عناصر الكميوم في حجمها تفاوتا كبيرا . ففي النباتات الحشبية المتخصصة من ذوات الفلقتين ، كجنس روينيا ، تبلغ الخلايا



(شكل ٨٨)

الكمبيوم في القطاع المائي ، أ ، نيات الكمثرى ، ب ، نوع من جنس الماس . لي ، أ ، ب تكون الجدار
القطرية غليظة والحقول التقريبية ظاهرة . ج ، د ، نيات الجوز الأرم . ج ، د ، يكونان سوية مجموعة
متناوبة ، من يسار ج إلى يمين د ، توضح التنبؤ التكويني للحلو . فلي يسار ج يوجد كمبيوم
مثالي ، وعلى يمين ج تحدث الانقسامات المرئية التي تؤدي إلى تكوين برنشيمية لحاء ، وعلى يسار د
توجد خلايا برنشيمية أخلة في التنبؤ ، وفي وسط ويمين د تشاهد الأنابيب الغربالية والخلايا
البرنشيمية لأخسة تقريبا . الحجم ١٠٠ x

الكيميومية المستطيلة في النبات البالغ حوالى ١٧٥ ميكرونا في الطول ،
٢٠ ميكرونا في العرض المماسى ، ٧ ميكرونات في العرض القطرى . وفي جنس
« الجوز » و « ليريو دندرون » اللذين يحتويان على بداءات أطول ، يبلغ
الحجم ٦٠٠×٢٥×٨ ميكرونا تقريبا . وتحتوى عاريات البذور على الأحجام
الكبيرة المتطرفة . ففى نوع من الصنوبر^(١) ، على سبيل المثال ، توجد الأبعاد
الآتية : ٤٠٠٠ ، ٤٢ ، ١٢ ميكرونا ، وأقصى طول عرف هو ٥٠٠٠ ميكرون ،
ويوجد في جنس اللاركس . وحجوم البداءات الشعاعية متماثلة تقريبا ، وفيها
يكون القطر المماسى مماثلا تقريبا ، لنظيره في البداءات المغزلية الملاصقة ، أو يقل
عنه قليلا . وقد اتضح حديثا ، أن طول البداءات المغزلية — على الأقل في بعض
المجموعات النباتية — يزداد بتقدم النبات في العمر . فمثلا في عاريات البذور ،
قد يزداد الطول من ملليمتر الى ما يقرب من أربعة ملليمترات في الستين سنة
الأولى ، يظل الطول بعدها ثابتا . وفي ذوات الفلقتين ، تكون الزيادة أقل كثيرا ،
ففى النباتات الخشبية غير المتخصصة كجنس الجوز ، يزداد الطول من ٨ر الى
١٢ر ملليمترا ، في الثلاثين سنة الأولى . وفي الأنواع العالية التخصص ، كجنس
روينيا ، قد تكون الزيادة من حوالى ١٤٥ر الى ١٧٥ر ملليمترا فقط ، وذلك
قبل بلوغ النهاية القصوى . ويتفاوت حجم خلايا الكميوم الى درجة ما في
النبات الواحد ، ويتوقف ذلك على الموضع بالنسبة للفروع ، أو البراعم ،
أو أنسجة الجروح ، وكذلك على العوامل البيئية المختلفة . وفي الزوايا الهلالية
يتغير حجم خلايا الكميوم ويتشوه شكلها بصورة متطرفة . والتجزع الجعد في
الخشب ، هو نتيجة للشذوذ في ترتيب خلايا الكميوم أو في شكل الأسطوانة
الكيميومية . كذلك يرتبط التجزع الخلزوني بتركيب الكميوم .

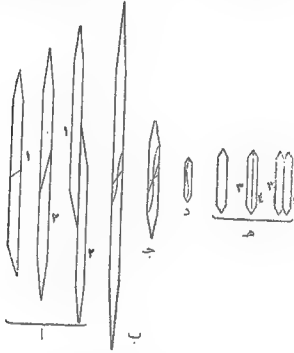
وفي بعض النباتات الخشبية ، كجنس روينيا (شكل ٨٧ ج ، د) و جنس
ديسبوس^(٢) تكون خلايا الكميوم المغزلية — كما ترى في القطاع المماسى —
في صفوف عرضية محددة تقريبا . مثل هذا الكميوم يطلق عليه « كميوم
مصفوف » . ويرتبط هذا الترتيب الطبقي ، بالبداءات القصيرة الطول ، ويتكون
الأوعية العالية التخصص . وهو مسئول عن ترتيب طبقي مماثل في خلايا الخشب
واللحاء . وتحتوى بعض الأجناس — كجنس المران والماس (شكل ٨٨ ب)

مثلا - على بداءات كمبيومية قصيرة غير مصفوفة . وتلك على ما يبدو حالة وسط ، بين النوع المصفوف والنوع المتطرف غير المصفوف ، ذى البداءات الضيقة الطويلة ، مثل الذى يوجد فى أجناس الجوز (شكل ٨٨ ج) والصفصاف والحر والكمثرى (شكل ٨٨ ا) . وتحتوى عاريات البذور على كمبيوم من النوع المصفوف . وتوجد فى النباتات العشبية ، ذات النمو الثانوى جيد التكوين كالبطاطس مثلا - بداءات قصيرة غير مصفوفة . والاعتقاد السائد بأن البداءات الكمبيومية ، تشبه الآجر فى الشكل ، مبنى على دراسة القطاعات العرضية والقطرية فقط .

تركيب الخلايا الكمبيومية : بروتوبلاست خلية الكمبيوم فجوى الى درجة كبيرة ، يحتوى عادة على فجوة واحدة كبيرة ، وطبقة محيطية رقيقة من السيتوبلازم وفيما عدا فترات الكمون ، يتحرك السيتوبلازم حركة انسيابية نشيطة . والنواة كبيرة ، وهى فى الخلايا المغزلية أكثر استطالة . وحالة التعدد النوى التى تشاهد بوضوح ، فى القطاعات المماسية للكمبيوم الكامن ، مردها الى أن الجدر المماسية للخلايا المتطرفة فى الضيق ، فى الاتجاه القطرى ، رقيقة جدا أو شفاة ، بحيث أن محتويات عدة خلايا ، قد ترى فى نفس المستوى . ولا تحتوى الجدر المماسية على مناطق رقيقة مطلقا . أما الجدر القطرية لخلايا الكمبيوم فهى - على النقيض أكثر غلظا ، وفى أثناء كمون الكمبيوم ، تظهر فيها مناطق رقيقة ، هى الرقع النقرية الابتدائية (شكلا ٨٧ ب ، ٨٨ ا ، ب) .

الانقسام الخولى فى الكمبيوم : لا يؤدى انقسام البداءات الكمبيومية الى تكوين خلايا خشب ولحاء جديدة فى الاتجاه القطرى على كلا الجانبين فحسب ، بل هو مسئول الى درجة كبيرة أيضا عن الزيادة فى محيط الأسطوانة الكمبيومية ذاتها . يتم تكوين خلايا الخشب واللحاء ، بالانقسام المماسى لخلايا الكمبيوم ، وما يتبع ذلك من انقسام الخلايا الوليدة للخشب واللحاء ، أما الزيادة فى محيط الأسطوانة الكمبيومية فى بعض النباتات من الانقسام القطرى النموذجى لبداءات الكمبيوم (شكل ٨٩ هـ) ، كما ينشأ فى بعضها الآخر من الانقسام المرضى أو الانقسام القطرى المائل ، الذى يتبعه زيادة فى الحجم ، ونمو انزلاقى (شكل ٨٩ ا) ، على أن ذلك قد يتم - لدرجة صغيرة - من الزيادة فى البعد المماسى للبداءات ، كلما تقدم النبات فى العمر . كما أن الزيادة فى عدد الأشعة الوعائية ،

هى أيضا من العوامل المهمة التى تساهم فى زيادة محيط الأسطوانة الكمبيومية .
فستكون بداءات شعاعية جديدة ، من بداءات مغزلية بالانقسام المستعرض ،

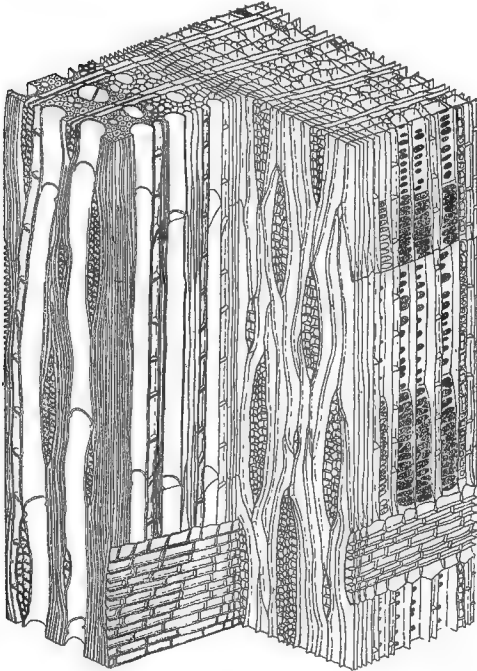


(شكل ٨٩)

رسوم تخطيطية لخلايا الكمبيوم ، فى المنظر المائى ، توضح طريقة الزيادة فى محيط الكمبيوم . ١٠
بداءة مغزلية منقسمة انقساما مستعرضا تقريبا ، هما ناتجا هذا الانقسام اللذان يستطيلان وينزلق
أحدهما على الآخر عندما يتضجان (مرحلتين) ب ، ج ، د ، لثلاثة أشكال من البداءات توضح موضع
الجدار الجديد فى الانقسام القطرى (بجدر متعامدة) ب ، ج ، بومحان وضمين وثلاثة أوضاع على
التوالى ، د ، الوضع الوحيد ، هـ ، بداءة قصيرة ، ناتجا الانقسام القطرى للبداءة هـ . وهى
تكبر مماسيا وليس طوليا . (من بيلى)

خليلة كمبيومية كاملة ، أو لجزء من الخلية فقط ، فى بعض الأحيان . وتحدث أيضا
انقسامات طولية ، عند تكوين شعاع جديد ثنائى الصف أو عديد الصفوف ،
وقد تسهم أكثر من بداءة مغزلية فى تكوين الأشعة العريضة بالغة الارتفاع .
كل هذه الوسائل مجتمعة تؤدي الى زيادة محيط الكمبيوم . والانقسام القطرى
لبدءات الكمبيوم (شكل ٨٩ هـ) هو من خصائص النباتات ، التى تحتوى على
خلايا كمبيومية قصيرة مصفوفة ، والتى تكون فيها الأنسجة الوعائية من النوع
المالى التخصص ، كما فى بعض نباتات الفصيلة القرنية . أما فى النباتات ذات
البداءات الطويلة غير المصفوفة ، فتوجد كل الحالات الانتقالية بالنسبة لموضع
الجدار أو الصفيحة الخلوية حديثة التكوين ، من المستوى العرضى الى المستوى

الطولى القطرى (شكل ١٨٩ ، ب ، ج) . ومن الواضح أنه فى أثناء التطور
نحو التخصص يميل الجدار الخلوى الجديد الى الاقتراب من الوضع القطرى ،



(شكل ٩٠)

الكمبيوم فى نبات التفاح ، ويظهر معه الخشب واللحاء ، فى حالتى تكوين ويلوغ . (منطقة الخشب
الذى فى دور البلوغ ممثلة هنا بصورة مقتضية جدا . محتويات ونقر جميع الخلايا محدولة) .

كلما قصرت البداءات في الطول ، واقتربت من الحالة المصفوفة . والانقسام في الخلايا الكميومية الطويلة وخلاياها الوليدة ، يوضح في صورته المتطرفة كيفية تكوين الجدار الجديد ، الذي يتم ببطء ويتدرج بوساطة الأجسام الكينوبلازمية (شكل ١٤ و ١٥) ويبدأ من النواة المنقسمة الى طرفي الخلية . وعندما يكون الانقسام مماسيا ، فان الخلايا التي تبقى كبداءات كميومية ، تزداد في الاتجاه القطري فقط . أما البداءات الكميومية الجديدة المتكونة بالانقسامات العرضية أو المائلة ، فتزداد زيادة كبيرة في الطول (شكل ٨٩ ، ب ، ج) ، على حين لا يطرأ على الخلايا المتكونة بالانقسامات القطرية أية زيادة في طولها (شكل ٨٨).



(شكل ٩١)

خلية كميوم والياف
خشبمشتقة منها في أحد
أنواع الجنس روينيا
مرسومة بقياس (رسم)
تضمن استقالة اللبنة
النامية تداخل الاطراف
بين الخلايا الى اعلى والى
اسفل ، انظر أيضا
شكل ٩٢

النمو الانزلاقي والانحشاري للخلايا الكميومية
ومشتقات الكميوم: يحدث نمو انزلاقي أو انحشاري شديد الى حجم الخلية الوالدة ، وعندما تتحول مشتقات الكميوم الى خشب ولحاء ، وكذلك عند حدوث تنظيم بين مشتقات الكميوم ، التي تزداد في الحجم بصورة غير متساوية . وعندما تنقسم بداءة مغزلية اقساماً عرضياً - أو ما يقرب من ذلك (شكل ٨٩) - لتكوين بداءات جديدة ، فان الخلايا الوليدة تكبر الى ما يقرب من ضعف طولها الأصلي وعندئذ تمتد على بعضها وبين البداءات الملاصقة لها . وفي أثناء بلوغ خلايا الخشب واللحاء المستطيلة ، تكون هناك زيادة كبيرة في الطول - قد تصل الى أربعة أو خمسة أمثال طول البداءة (شكل ٩١) - ومن ثم يحدث اتصال بخلايا جديدة ، الى أعلى والى أسفل ، لمسافة بعيدة . والتغيرات التطورية في الحجم والشكل في منطقة الخلايا اللدنة القريبة من الكميوم تكون - دون شك - الى درجة ما ، هي تلك الخاصة بالنمو الجماعي ، غير أن عظم الزيادة وسرعتها في حجم العناصر الوعائية ، من شأنها أن تدفع بالخلايا الصغيرة جانباً وتمزقها ارباً ، وهذا يؤدي الى تكوين اتصالات خلوية جديدة ، بين كثير من الخلايا ، وهذه الأراحة الخلوية ، تكون كبيرة بوجه خاص في الخشب الخلقى المسام ذي الأوعية البسيطة القنوب ، كما في جنس البلوط وروينيا .

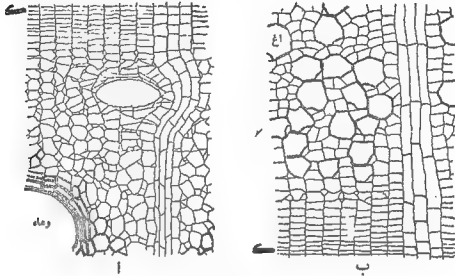
النشوء التكويني للانسجة الوعائية الثانوية : قد تتحول الخلايا الوالدة

للخشب الناتجة من الكميوم الى عناصر خشبية مستديمة . دون أن يحدث فيها انقسام ، أو كما يحدث عادة ، قد تنقسم مرة أو عدة مرات قبل أن تتكون الخلايا البالغة . ففي خشب عاريات البذور البسيط ، تتحول كل المشتقات الخشبية ، الناتجة من الخلايا الكميومية المغزلية ، الى قصبيات متماثلة تقريبا ، فيما عدا الاختلافات بين الخشب المبكر والمتأخر . وتتكون القصبيات مباشرة من الخلايا الوالدة للخشب ، وذلك بازديادها في البعد القطري وفي الطول ، وتغلظ الجدار ، وفقدان البروتوبلاست . أما في عاريات البذور ، التي توجد بها برنشيمة خشب ، وكذلك في كل النباتات التي تحتوى على أوعية ، فإن الخلايا الوالدة للخشب تتميز الى طرازين أو أكثر ، من الطرز الخلوية الآتية : قصبيات ، برنشيمة خشب ، أوعية وألياف خشبية . وتتكون خلايا البرنشيمة بالانقسام العرضي للخلية الأم ، الى عدد من الأجزاء (شكل ٩٠) ، الأمر الذى يتبعه زيادة قطرية ، في حجوم هذه الأجزاء ، وتغلظ في جدرانها . وتحدث الانقسامات العرضية في صف رأسى من الخلايا الوالدة ، ومن ثم تكون الخلايا البرنشيمية الناتجة صفا رأسيا ، تمتد لمسافة ما في المحور . وتحفظ خلايا الصف الرأسى ، الناتجة من خلية والدة واحدة ، بالشكل البروزنثيماتي لتلك الخلية عادة ، لدرجة أنه يمكن بسهولة تمييز الصف الناتج من بداءة منفردة في النسيج البالغ . ويتضمن الفصل السابع دراسة خاصة بترتيب برنشيمة الخشب وعلاقتها بالخلايا الأخرى . أما نشأة الوعاء التكوينية ، فقد ورد ذكرها في الفصل الرابع . وتنقسم بداءات الأشعة الوعائية انقساما مماسيا ، وتزداد الخلايا الوليدة زيادة كبيرة في البعد القطري ، أما أقطارها الأخرى ، فلا تزداد الا قليلا ، أو لا تحدث فيها زيادة على الاطلاق .

وقت النشاط الكميومى : في السوق والجذور المعمرة للنباتات التي تمر

بفترات سبات أو كمو ، يتوقف النشاط الكميومى عادة قبل أن تبدأ هذه الفترة . ويبدأ الانقسام مرة ثانية في خلايا الكميوم ، في نهاية فترة السكون — في الربيع المبكر ، ابريل ومايو في شمال شرقى الولايات المتحدة — ويكون ذلك قبل أو في أثناء أو بعد انبثاق البراعم . وقد يبدأ الانقسام في الأشجار دائمة الخضرة في وقت مبكر عن ذلك . ولا يوجد تناسق في الموضع الذى يبدأ فيه الكميوم نموه ، وغالبا ما يكون ذلك في الجزء الوسطى من الشجرة ، ثم يمتد بعد

ذلك الى كل الأجزاء ، غير أن نمو الكميوم ، قد يبدأ أيضا عند قاعدة الشجرة



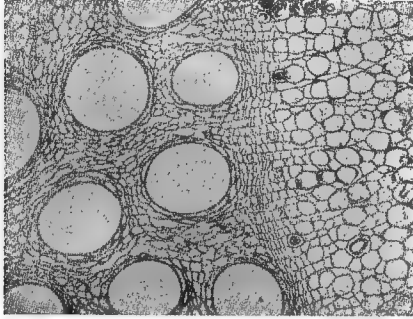
(شكل ٩٢)

النشوء التكويني للنسيج الرمالي الثانوي في جنس روبينيا ١٠ المراحل المبكرة في تكوين الخشب . ك الكميوم . ويوضح الجزء الأوسط (م) من الشكل المنطقة التي تحدث فيها معظم الاستطالة الخلوية كما يتم فيها التناسق المناسب لتكوين الأوعية والذي يقتضي زيادة الخلايا في الحجم مماسيا وفطريا . وأن أطراف الخلايا لتبرز من أعلى ومن أسفل بين الخلايا المصفوفة في صفوف قطرية ، وفي بعد تكبر في الحجم حتى لتزحم الخلايا المنتظمة وتذهب بانتظامها . والتضخم الكبير في حجم العناصر الرمالية يحدث ضغطا على الخلايا المجاورة حتى يفر من مواضعها الأصلية وينفلق من أشكالها أو بشوهدا ، وكثيرا ما تتحول الأشعة في اتجاهات متعامدة على اتجاهاتها الأصلية . و ، وعاد قريبا من الانفج كالأخلاق المحيطة به . ب ، شكل يبين مراحل تكوين نسيج اللحاء البالغ . وتظهر الخلايا المرافقة في مرحلة مبكرة ، ثم تكبر هي والإنابيب الغربالية كثيرا بعد ذلك . ك ، الكميوم ، ا غ ، أنبوية غربالية

أو عند قمم الفروع . وبالمثل فإن شجرتين من نفس النوع ينموان ، جنباً إلى جنب ، قد تحتوى أحدهما على نشاط كميومي على حين ما تزال الأخرى كامنة وفي الأيام الصحابة المشمسة في آخر الشتاء ، قد يبدأ النشاط الكميومي على الجانب الجنوبي الغربي للجذوع المعرضة للضوء ، وذلك نتيجة لامتنصاص الحرارة من الشمس بوساطة القلف الداكن اللون . فاذا أعقب الأيام المشمسة انخفاض سريع في درجة الحرارة ، فإن خلايا الكميوم النشيطة قد تتعرض للمهلك . ومن ثم ينتج ذلك النوع من الإصابة الشتوية المعروفة « بسقط الشمس »^(١)

وأول ما يتضح من الخلايا الوعائية في الربيع ، هي الخلايا الوالدة للحاء . وهي الخلايا التي تتجت من البهاءات الكميومية في أثناء فترة النمو السابقة ،

وبقيت طول الشتاء في صورة غير ناضجة . ويتم تكون الأنابيب الغربالية الجديدة،



(شكل ٩٣)

قطاع عرضي في جزء من منطقة الكيمبيوم ، في حزمة وعائية من جنس القرع ، وفيه يوجد اللحاء على اليمين والخشب على اليسار . وتوضح فيه مراحل تطور كل من النسيجين . الزيادة الكبيرة في حجم العناصر الوعائية ، أثقلت التريب القشري للخلايا المحيطة ، وفرت موضعها ، وشوهت شكلها . x ٩٠ (عن إسو وهويت)

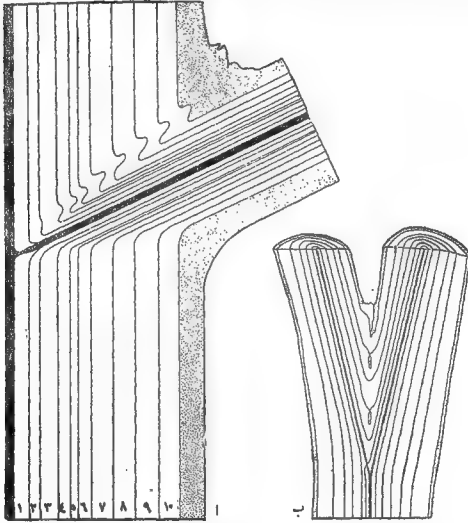
في الوقت الذي يكون فيه الانتقال في أقصى نشاطه . ومن المحتمل — كما تدل عليه الأنسجة — في كثير من النباتات الخشبية أن كل الأنابيب الغربالية التي تؤدي وظيفتها في فصل ما تكون قد نضجت في هذا الفصل ، وأن كل الأنابيب الغربالية التي بلغت في الفصل السابق ، تكون قد توقفت فعلا عن تأدية وظيفتها ، وذلك على الرغم من أنها قد لا تفقد بروتوبلازمها أو تتسحق ، حتى يبدأ النمو السريع في الربيع . والفترة التي تبلغ فيها سرعة تكون اللحاء أقصى ذروتها ، قد تأتي بعد تميز العناصر الأولى اللحاء بعدة أسابيع . وتتفق هذه الفترة ، بوجه عام ، مع الفترة التي يصل فيها نمو الخشب إلى أقصى نشاطه . ويختلف دوام النشاط الموسمي للكيمبيوم باختلاف عمر النبات والأجزاء النباتية ، وكذلك باختلاف عمر النبات والأجزاء النباتية ، وكذلك باختلاف نوع النبات والظروف البيئية . وعلى العموم ، يعقب النمو الوافر في باكورة الصيف ببطء تدريجي في تكوين خلايا جديدة ، وفي الجذع والفروع الرئيسية لبعض الأنواع ، يتوقف

النمو الكيميومى فى منتصف الصيف . ويستمر النشاط الكيميومى لفترة أطول فى الأغصان الصغيرة سريعة النمو أو الفروع التى تستكمل نموها القمى مؤخرا . وقد يستمر النمو فى القطر فى أشجار المشاتل الى وقت متأخر فى الحريف ، وفى تلك الأشجار ، يستمر النمو الطرفى فى العادة الى وقت متأخر أيضا . ويبدو أن وفرة النيتروجين والماء فى التربة ، هما من العوامل الهامة ، التى تسبب ذلك الاستمرار فى النمو .

انطمار قواعد الفروع : كلما توالى تكوين طبقات سنوية من الخشب بواسطة الكيميوم ، يزداد انطمار كل الأنسجة الموجودة داخل أسطوانة الكيميوم أكثر . وبذلك تصبح قواعد الفروع مطمورة فى خشب جذع الشجرة . وعندما يكون الفرع حيا ، يتخذ الجزء المطمور شكل المخروط المقلوب ، وذلك لأنه كلما تكونت طبقات جديدة من الخشب فوق الفرع ، تحرك الكيميوم نتيجة الازدياد فى قطر الجذع (شكل ١٩٤) بعيدا أكثر فأكثر عن نقطة انبثاق الفرع داخل الجذع . ولا يستطيع جزء الفرع المطمور الزيادة فى القطر بعد ذلك ، ومن ثم فإن قطر الأجزاء الداخلية ، يقل بالتدريج ، كلما اقترب موضع اتصالها بالأسطوانة الابتدائية . وعند قمة الكتلة المتكونة المخروطية الشكل ، يوجد نخاع الفرع متصلا بنخاع المحور (شكل ١٩٤) . وعندما يموت فرع ، لا يكون هناك — بالطبع — أية زيادة فى القطر ، وتنطمر قاعدته كمخروط من نسيج ميت (شكل ١٩٥) . والعقد التى توجد فى الخشب هى عبارة عن قطاعات فى قواعد الفروع المطمورة ، وهى اما سائبة أو وثيقة الاتصال ببقية الخشب فى اللوح ، ويتوقف ذلك على ما اذا كان الفرع ميتا أو حيا وقت انطماره .

وعندما تطمر قاعدة فرع بتكوين خشب جديد على المحور الرئيسى ، فإن اللحاء فى مكان انبثاق الفرع يزاح الى الخارج — بصورة أسرع داخل الزاوية الهلالية منه أسفلها — ومن ثم تتعزى قاعدة الفرع من لحائها . وفى الفروع الصغيرة ، التى تكون الزيادة فى القطر فيها ضئيلة نسبيا ، اذا قورنت بالزيادة فى المحور الرئيسى — كما فى فرع الثمار انقزمية الموجودة على الفروع الكبيرة لأشجار التفاح — تكون هذه التعرية أكثر وضوحا . وفى هذه العملية ينثنى اللحاء فى طبقات تظهر فى العادة ، كحلقات مركزية حول قاعدة الفرع المطمور بصورة جزئية . أما فى حالة الفروع الأكبر والنمو الأسرع ، فإن اللحاء الأقدم يتعزق

تزداد آليا ، ويتراكم خارج الزاوية الهلالية ، أما النسيج الأحدث ، الأكثر لدونة ، فينشئ في طيات غير منتظمة . وينتج عن ذلك تشوه كبير ، في شكل وترتيب خلايا

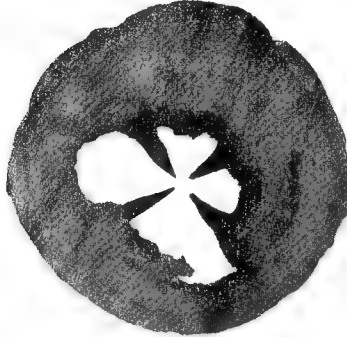


(شكل ٩٤)

رسم تخطيطي يوضح طمر الخشب التاتوي لقواعد الفروع . ويمد اللحاء من الجزء المظلم ويدفع في الزاوية الهلالية ويصبح على هيئة طيات . كذلك يضطرب وضع الكميوم . ويظهر التضاعف في الرسم في لون أسود مصمت ، كما تظهر أنسجة اللحاء والقصرة متقوسة . من ١ إلى ١٠ حلقات النمو السنوي المتتالية . ب شكل تخطيطي لجزء هلالى ذي زاوية حادة ، يوضح اتحاد خشب الجذع مع خشب الفرع ، ودفع اللحاء الى الخارج في الزاوية وما يترتب على ذلك أحيانا من حصر بعض جيوب اللحاء داخل أنسجة الخشب . ووجود هذا اللحاء المحصور وشيوع البرنثيمة في خشب المنطقة الهلالية ، يجلان هذه المنطقة ضعيفة

الكميوم ، وبعض الخلايا على ما يبدو ، تتراكم في الخارج ويصحبها الفناء . ويحتمل أن يسد النقص الذى لا مفر من حدوثه في مساحة الكميوم ، في الزاوية الهلالية ، في أثناء فصل النمو ، بينما تكون الخلايا المحيطة في حالة لدنة . وفي هذا

الوقت تحدث ازاحة جانبية لبعض خلايا الكميوم خارج الزاوية الهلالية ، على جوانب الهلال ، حيث تساعد على مواجهة الزيادة في محيط الكميوم التي حدثت في هذه المنطقة .



(شكل ٩٥)

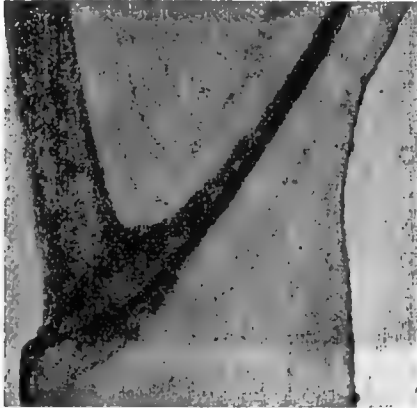
قطاع مرضى في جذر متفنن لآحد أنواع جنس الصنوبر^(١)، يوضح شكل قواعد الفروع المطبوعة . وقد تحلل الخشب الداخلى والنخاع ، الا ان قواعد الفروع ، نظرا لامتلائها بالراتنج ومقاومتها ، تظل باقية . x ١/٢

وتوجد في الزاوية الهلالية عادة منطقة متميزة ، حيث تلتقي أنسجة الجذع بأنسجة الفرع . وقد تظل أنسجة التوصيل في الفرع والجذع متميزة الى درجة ما في هذه المنطقة ، وقد تتكون بين الاثنين كتلة من البرنشيمة الخشبية غليظة الجدر . وعلى ذلك لا يكون الفرع وثيق الاتصال بالجذع في الجانب العلوى ، ومن ثم توجد في كثير من الزوايا الهلالية منطقة ضعف ، قد تسبب انفصال الفرع ، اذا ما تعرض لضغط (شكل ٩٦) .

وحيثما تكون زاوية الهلال بالغة الضيق والنمو سريعا ، فان القلف الموجود على الجانبين يزاح سوية ، قبل أن يسبب نمو الكميوم في الزاوية ازاحته الى

^(١) Pinus strobus

الخارج ، بعيدا عن منطقة اتحاد الخشب . وحينئذ تتطوى الزاوية على « جيوب »
من اللحاء الميت (شكل ٩٤ ب) ، وهذا سبب آخر لضعف الاتحاد عند الهلال .



(شكل ٩٦)

لطاق لطري في جزء من جنس ليرودندرون ، يوضح قاعدة فرع مطبوعة . نشاما الفرع والجذع
(سوداوان) متحدان عند « الكتف » في أسفل اليسار ، وخشب الفرع مفصول من خشب الجذع
في الجانب العلوي ينسج الزاوية الهلالية الملتهق . الخشب الصمغى والنخاع داكنان ، أما الخشب
المصرى والقلف ففاتحا اللون . $\times \frac{1}{4}$

ومن الجدير بالذكر ، أن طبيعة النسيج الهلالي ، والزاوية التي يلتقي عندها
الفرع بالجذع ، والحجم النسبى للجذع والفرع ، كلها ذات أهمية عملية عند
تقليم أشجار الفواكه .

ثم الكميوم عند الجروح : يمد تكوين الكالوس - أو نسيج الجرح -
وكذلك التئام الجروح من بين الوظائف الهامة للكمييوم . فعند حدوث جروح
في الجنود أو السوق ، تكون ربما كتل من خلايا برنشيمية رخوة فوق السطح

المجروح أو أسفله ، ويعرف هذا النسيج بالكالوس . وقد يتكون الكالوس بانقسام الخلايا البرنشيمية في اللحاء والقشرة ، الا أن مصدره هو الكميوم في أكثر الأحيان . وتكوين الكالوس عند التئام الجروح يتضمن في بادئ الامر حدوث انقسامات كثيرة في خلايا الكميوم تؤدي الى تكوين كتل من خلايا برنشيمية . والخلايا الخارجية لهذا النسيج اما أن تتسوبر هي نفسها ، أو ينشأ برديرم (الفصل التاسع) داخلها ، وبذلك يتكون قلف واق ، ينشط الكميوم خلفه ، ليكون نسيجا وعائيا جديدا بالطريقة العادية . وفي الجروح الناشئة عن التقليل ، يتكون الكالوس عند الحواف في باكورة فصل النمو . وعندما تتكون حلقة سنوية جديدة في الأنسجة غير المصابة التي تحيط بالجرح ، فإن طبقة الكميوم تتخذ وضعاً زاوياً ، على سطح الجرح ، عند نقطة تقاطعها معه . وفي هذا المكان يعمل النسيج الجديد المتكون بالطريقة العادية على بسط الطبقة النامية (الكميوم) ، فوق السطح المقطوع ، حتى يلتقي جانبها المتقابلان . وعندئذ تلتحم طبقات الكميوم وتغطي الجرح تماماً . وتؤدي حلقات النمو بتوالي تكوينها ، الى طمر الجرح عميقاً أكثر فأكثر .

الكميوم في الاكثار بالبرعم والتطعيم : تعتمد عمليتا الاكثار بالبرعم والتطعيم في أساسهما على قدرة الكميوم في كل من الأصل والطعم على تكوين الكالوس ، ثم الاتحاد ، مكوناً حول مكان اتحاد الأصل والطعم طبقة متصلة من الكميوم ، تعطى نسيجا موصلاً عادياً . ويوجد ، على ما يبدو ، اتحاد فعلى بين كميومي النباتين . أما حيث لا يكون هناك توافق بين الأصل والطعم ، كما يحدث بين بعض أنواع التفاح وبعض أصوله القرمية ، فإن كميومي الأصل والطعم ، يعجزان عن الاتحاد ، لتكوين طبقة نامية عادية ، تعطى خشباً ولحاء عاديين ، بل تعطى بدلاً من ذلك كتلة من الخلايا البرنشيمية ، من شأنها أن تجعل الاتحاد ضعيفاً والتوصيل بطيئاً . على أن نشاط الكميوم وتركيبه ، بالنسبة لاتحاد الطعم ، ليس مفهوماً فهما دقيقاً .

وحيث يتعرض الكميوم للإصابة ، في أثناء فصل النمو — كما يحدث عند تطبيق الفروع مثلا — فإنه قد يتجدد من خلايا الخشب غير البالغة الموجودة داخله ، وذلك بشرط أن تصان الأنسجة من الجفاف بعد الإصابة مباشرة . وفي تجارب التحليق ، يكون من الصعب في بعض الأحيان ، الحيلولة دون تكون كميوم جديد حتى ولو كشط سطح الجرح بسكين ، وذلك لأن نسيج الكالوس يتكون من خلايا الخشب الحية غير البالغة ، وفي هذا الكالوس يتكون الكميوم الجديد . وهذا النسيج الانتشائي ، لا يكون في بادئ الأمر كميوما عاديا ، وذلك بالنسبة لشكل وحجم خلاياه ، غير أنه في النهاية يصل الى الصورة العادية . للكميوم بواسطة الحشرات ، أو المرض ، للقيام بنشاط غير عادى .

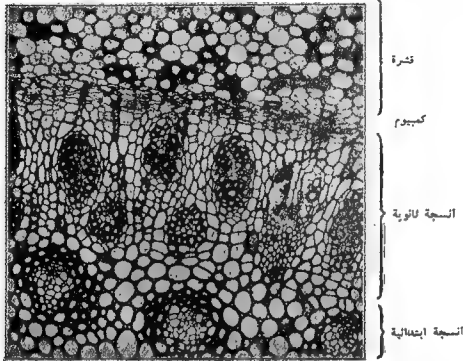
الكميوم في ذوات الفلقة الواحدة لا يوجد في ذوات الفلقة الواحدة —

كقسم من النباتات تفلظ ثانوى ، ويتكون جسم النبات من نسيج ابتدائى فقط . على أنه يوجد في بعض الأجناس آثار لنشاط كميومى نموذجى ، وبخاصة في الحزم الوعائية للعقد وقواعد الأوراق . ويوجد في عدد قليل من النباتات نوع خاص من التغلظ الثانوى (بعض نباتات الفصيلة الزنبقية الخشبية وقليل من أعشابها — كاجناس دراسينا^(١) والصبار^(٢) ويوكا^(٣) وفيراترم^(٤) وبعض الأجناس الأخرى) ، حيث تزداد الساق في القطر ، بتكوين أسطوانة من حزم جديدة مطبورة في نسيج أقل تخصصا في طبيعته (شكل ٩٧) . وفي هذه الحالة تتكون طبقة كميومية من البرنشيمة المرستيمية للبريسكيل أو للطبقات الداخلية من القشرة . وفي الجذور — على الأقل في بعض النباتات — يتكون كميوم من هذا النوع في الاندودرمس . وتباين بداءات هذا الكميوم تباينا كبيرا في الشكل في النباتات المختلفة ، ويتراوح شكلها ، بين كثيرة الأضلاع والمثلثة الى المغزلية ، وهى تختلف عادة حتى في منطقة صغيرة من النبات الواحد . وتوجد في

Aloë (٢)
Veratrum (٤)

Dracaena (١)
Yucca (٣)

صفوف مكونة كمييوما مصفوفا ، كالكمبيوم العادى فى بعض ذوات الفلقتين .



(شكل ٩٧)

نوع خاص من النمو الكمبيومى فى ذوات الفلقة الواحدة الخشبية ، ساق أحد أنواع جنس دراسينا^{١)}
وسيرد فى الفصل الحادى عشر دراسة تكوين الأعمدة الوعائية ، ذات التركيب
الشاذ ، نتيجة نشاط الكمبيوم .

المراجع - REFERENCES

- (See also References for Chaps. III, IV, V, VII, and VIII)
- ARTSCHWAGER, E. F.: Anatomy of the potato plant, with special reference to the ontogeny of the vascular system, *Jour. Agr. Res.*, **14**, 221-252, 1918.
- BAILEY, I. W.: The cambium and its derivative tissues, II. Size variations of cambial initials in gymnosperms and angiosperms, *Amer. Jour. Bot.*, **7**, 355-367, 1920.
- : The cambium and its derivative tissues, III. A reconnaissance of cytological phenomena in the cambium, *Amer. Jour. Bot.*, **7**, 417-434, 1920.
- : The cambium and its derivative tissues, IV. The increase in girth of the cambium, *Amer. Jour. Bot.*, **10**, 499-509, 1923.
- : The significance of the cambium in the study of certain physiological problems, *Jour. Gen. Physiol.*, **2**, 519-533, 1920.
- BROWN, H. P.: Growth studies in forest trees, I. *Pinus rigida* Mill., *Bot. Gaz.*, **54**, 386-403, 1912. II. *Pinus Strobus* L., *Bot. Gaz.*, **59**, 197-241, 1915.
- CHADLE, V. I.: Secondary growth by means of a thickening ring in certain monocotyledons, *Bot. Gaz.*, **98**, 535-554, 1937.
- ESAU, K.: Vessel development in celery, *Hilgardia*, **10**, 479-488, 1936.
- : and W. B. HEWITT: Structure of end walls in differentiating vessels, *Hilgardia*, **18**, 229-244, 1940.
- HILL, A. W.: The histology of the sieve tubes of angiosperms, *Ann. Bot.*, **22**, 245-290, 1908.
- JACOB DE COURDEMOY, H.: "Recherches sur les monocotylédones à ac. croissement secondaire," 108 p., Lille, 1894.
- KLINKEN, J.: Uper das gleitende Wachstum der Initialen im Kambium der Koniferen und den Markstrahlverlauf in ihrer sekundären Rinde, *Bibl. Bot.*, **84**, 1-41, 1914.
- KNUDSON, L.: Observations on the inception, season, and duration of cambium development in the American larch [*Larix laricina* (Du Roi) Koch], *Bull. Torr. Bot. Club*, **40**, 271-293, 1913.
- KOSTYTSCHEW, S.: Der Bau und das Dickenwachstum der Dikotylenstäme. *Beih. Bot. Centralbl.*, **40**, 295-350, 1924.

- MACDANIELS, L. H. : The apple-tree crotch. Histological studies and practical considerations, *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull.*, 419, 1923.
- : The histology of the phloem in certain woody angiosperms, *Amer. Jour. Bot.*, 5, 347-378, 1918.
- MISCHKE, K. : Beobachtungen über das Dickenwachsthum der Coniferen, *Bot. Centralbl.*, 44, 39-43, 65-71, 97-102, 137-142, 169-175. 1890.
- NAGELI, C. : "Dickenwachsthum des Stengels und Anordnung der Gefäßstränge bei den Sapindaceen, " München, 1864.
- NEEFF, F. : Über die Umlagerung der Kambiumzellen beim Dickenwachstum der Dikotylen, *Zeitschr. Bot.*, 12, 225-252, 1920.
- SCHMIDT, E. W. : "Bau und Funktion der Siebröhre der Angiospermen," 108 p., Jena, 1917.
- SCHOUTE, J. C. : Über Zellteilungsvorgänge im Cambium, *Verhandel. Akad. Wetenschappen Amsterdam*, 2s. 9, 1-60, 1902.
- SCOTT, D. H., and G. BREBNER ; On the secondary tissues in certain monocotyledons, *Ann. Bot.*, 7, 21-62, 1894.
- TISON, A. : Les traces foliaires des conifères dans leur rapport avec l'épaississement de la tige, *Mém. Soc. Linn. de Normandie*, 21, 59-82, 1903.
- : Sur la mode d'accroissement de la tige en face des faisceaux foliaires après la chute des feuilles chez les dicotylédones, *Mém. Soc. Linn. de Normandie*, 21, 1-17, 1902.

الفصل السابع

الخشب الثانوى

يكون الخشب الثانوى عادة ، الجزء الأكبر من النسيج الوعائى فى النبات ، بل انه يكون فى كثير من النباتات الخشبية الجزء الأكبر من النبات كله . ولهذا النسيج فى تلك النباتات أهمية بالغة ، اذ من وظائفه أن يرفع جسم النبات الضخم ويحفظه قائما فى الهواء ؛ وبذلك تتعرض أجزاؤه المختلفة لظروف مناسبة من الضوء والهواء . أى أن للخشب وظيفة ميكانيكية هى دعم الجسم النباتى وتثبيتته فى الأرض ، ووظيفة فيسيولوجية هى توصيل الماء ، مع ما قد تمتصه الجذور من المواد غير العضوية ، الى سائر أجزاء النبات . ويضاف الى ذلك أن خلايا الخشب الحية تتسع لتخزين كميات كبيرة من الغذاء . على أن جزءا كبيرا من خشب كثير من الأشجار ، هو الخشب الصمى ، لا يقوم من هذه الوظائف الا بالدعم الميكانيكى وللخشب الثانوى الذى يكون جذوع الأشجار أهمية اقتصادية عظيمة ، اذ هو مصدر الخشب الخام ، الذى يستعمل فى أغراض مختلفة .

تركيب الخشب الثانوى

يتكون الخشب الثانوى من كتلة متماسكة من الخلايا غليظة الجدران تنتظم فى جهازين^(١) أحدهما طولى قائم والثانى عرضى أفقى . ويتكون الجهاز الطولى من خلايا مستطيلة ومتراكبة ومتماسكة هى القصيبات والألياف والعناصر الوعائية مع صفوف طويلة من الخلايا البرنشيمية . والمحور الطولى لهذه الخلايا جميعا ، مواز للمحور الطولى للعضو الذى تدخل فى تركيبه . وقد سبق وصف أنواع الخلايا ، التى تدخل فى بناء هذا الجهاز ، عند الكلام عن نسيج الخشب فى الفصل الرابع ، وخلايا الخشب الثانوى عادة شبيهة بخلايا الخشب الأولى فى النوع النباتى الواحد ، على أن خلايا الخشب الثانوى قد تكون أقصر من خلايا الخشب الأولى ، وربما اختلفت عنها فى الهيئة وفى التركيب ، ومثال ذلك اختلافها فى تقب

(١) التمييز بين هذين الجهازين من باب التيسير فى الوصف ، فهى لا تكون أنسجة مستقلة ، والاساس فى تمييزها هو تركيب الخلايا واتجاه التوصيل فيها .

العناصر الوعائية . ولا يتضمن الخشب الثانوى الأوعية والقصبيات الحلقية والحلزونية . أما الجهاز الاشعاعى الأفقى ، فيتكون فى الغالب من خلايا برنشيمية ، تتخذ محاورها وضعاً قائماً على المحور الطولى للأسطوانة الوسطى . هذه الخلايا الممتدة أفقياً هي أشعة الخشب ، وهى غير موجودة فى الخشب الأولى .

أشعة الخشب :

أشعة الخشب عبارة عن صفائح من النسيج ، على هيئة أشرطة تمتد فى الخشب فى اتجاهات أفقية قطرية (أشكال ٩٨ ، ٩٩) . وهى جزء من نسيج جهاز التوصيل الذى يمتد كشرط متصل عبر الكميوم حتى اللحاء الثانوى . وقد سميت هذه الأشرطة من الخلايا بالأشعة النخاعية ، ذلك لأنها تبدو فى وضعها وطبيعتها البرنشيمية ، كأنها امتدادات اشعاعية من النخاع . ويرجع استعمال هذا المصطلح الى افتراض المقابلة بين هذه التراكيب والامتدادات النخاعية ، التى توجد فى السوق العشبية ، مثل نباتات جنس الشقيق واضرابه (شكل ١٣٥) . ولكن استعمال مصطلح الأشعة النخاعية ، ليدل على هذه الأشرطة الممتدة فى الخشب واللحاء استعمال واضح الخطأ ، ذلك لأن القليل النادر من هذه الأشعة يصل الى النخاع ، كما انها لا تشبه من الناحية المورفولوجية ، تلك الأذرع التى تمتد فى اتجاهات قطرية من نخاع سوق الأعشاب من أنواع جنس الشقائق والتى يمكن أن تسمى بالأشعة النخاعية . واستعمال المصطلحات أشعة الخشب وأشعة اللحاء ، لتدل على الأشعة المحصورة فى أنسجة الخشب واللحاء إنما هو استعمال شائع ومناسب جداً . تتخذ هذه الأشعة الوعائية اتجاهها عمودياً على اتجاه نمو الساق أو الجذر ، وهى على الدوام متصلة عبر الكميوم وممتدة فى اللحاء . وهى فى العادة مستقيمة الا أن يزحمها النبو غير المتساوى فى الأنسجة المحيطة بها . وتنشأ خلايا الأشعة الوعائية جميعاً من الكميوم ، فاذا بدأ تكوينها ، استمر الكميوم فى بنائها واتصل امتدادها الطولى دون حد . وما تزال تنشأ خلايا الأشعة فى المناطق القريبة الى الوسط ، بينما تتباعد الأجزاء الأسبق فى النشأة بما يتكون بينها من الخلايا الجديدة فى منطقة الكميوم ، التى تتوسط شرط الأشعة الممتد فى الخشب واللحاء . ويعتمد طول الشعاع الواحد على طول ما انقضى من الزمن منذ بدأت نشأته وعلى سرعة نمو الأنسجة الثانوية . ويصاحب

ابتداء النمو الثانوى عدد من وحدات الأشعة الوعائية ، ما تزال اجزاؤها الطرفية تتباعد ، كلما اتسع محيط الاسطوانة الوعائية نتيجة لاضطراد النمو الثانوى . وسرعان ما يصبح عرض شريحة الخشب واللحاء الواقعة بين شعاعين ضخما ، حتى لتصبح الخلايا التى تتوسط الشريحة بعيدة عن خلايا الأشعة . عندئذ نشأت أشعة جديدة على مسافات متقاربة حتى تصبح جميع خلايا اللحاء والخشب غير بعيدة عن الأشعة . ويتبع انتشار الأشعة وتوزيعها الصلة بين القصيبات وأمثالها من الخلايا المستطيلة وبعض خلايا الأشعة (أشكال ٩٨ ج ، ٩٩ ج) ويبدو ذلك واضحا على وجه الخصوص ، فى أخشاب عاريات البذور ، حيث لا توجد خلايا برنشيمية الخشب وحيث تكون كل قصيبة على صلة مباشرة بشعاع واحد على الأقل . أما أوعية كاسيات البذور ، فقد تتصل على طول امتدادها بعدد من وحدات الأشعة الوعائية فى السوق العشبية مثل أنواع الشقائق حيث تفرق الحزم الوعائية مجموعات من النسيج البرنشيمى ، هى ما يمكن أن تسمى بالأشعة النخاعية ، كما لا توجد الأشعة فى سوق بعض المتسلقات كياسمين البر^(١) حيث تفرق الحزم الوعائية أشرطة من البرنشيمية الثانوية .

والحزم الوعائية فى مثل هذه النباتات صغيرة ، أى أن خلايا التوصيل تكون غير بعيدة عن تلك الأشرطة البرنشيمية الممتدة فى اتجاهات قطرية . ولا شك أن عدم وجود الأشعة الوعائية فى هذه النباتات تنج عن اقتراسها أثناء مراحل التخصص التطورى . على أن من الواضح أن لهذا الاتصال أو التقارب فى الموضع بين الخلايا الحية (خلايا الأشعة وبرنشيمية الخشب) وخلايا التوصيل (القصيبات والأوعية) أهمية بالغة فى القدرة الوظيفية للخلايا غير الحية .

الحلقات السنوية أو حلقات النمو

يتكون الخشب الثانوى فى الأجزاء النباتية المعمرة ، من طبقات متتابعة (شكل ٣) ، تمثل كل منها زيادة موسمية واحدة . فإذا نظرنا الى القطاع الرضى بدت هذه الطبقات كحلقات متتابعة ولذلك تسمى الطبقة الواحدة حلقة سنوية أو حلقة نمو أو طبقة نمو . والشائع أن تسمى حلقات سنوية لأن كل طبقة تمثل نمو سنة واحدة فى النباتات الخشبية التى تنمو فى المناطق المعتدلة أو فى المناطق

(١) ياسمين البر Clematis

الحارة تتابع مواسم النشاط والسكون . ولعل أفضل المصطلحات للاستعمال العام هو حلقة نمو، ذلك لأن بعض ظروف النمو قد لا تتيح حلقة واحدة في السنة الواحدة والحلقة السنوية أو حلقة النمو هي طبقة من الخشب الثانوى تكونت في النبات كله في موسم نمو واحد ، ولذلك فهي تركيب له شكل المحور النباتى ، وهيئة الأنبوبة المفتوحة عند أطرافها حيث توجد المرستيمات ، ويتباين عرض حلقة النمو اذ يعتمد على سرعة نمو الشجرة، ويتأثر النمو طبقا لموامل عديدة، وتتكون الحلقات العريضة في الأشجار الصلبة وفي ظروف النمو الملائم . ففي مواسم النمو غير الملائمة ، تتكون حلقات ضيقة ، وفي المواسم الملائمة تتكون حلقات عريضة ، كما قد تسبب بعض العوارض الضارة كسقوط الأوراق في غضون موسم النمو تكوين حلقات ضيقة ويرجع التغير المفاجئ في عرض الحلقات المتتالية الى التغير المفاجئ في طرف نمو الشجرة ، اذ تترك الأحداث الهامة أثرها على ثخانة حلقات النمو ، مثال ذلك التقليم الشديد وتغير أحوال الصرف والتسميد وذهاب الظل بقطع الأشجار المجاورة . أى أن حلقات النمو تحمل بيانا حقيقيا لبعض الأحداث في تاريخ الشجرة .

وتباين حلقات النمو في الأجزاء المختلفة من النبات ، وفي الأجزاء المختلفة في المحيط في مستوى معين ، وثخانة الحلقة منتظمة في العادة في أجزاء الجذع عديم الفروع . ولكن ثخانتها زائدة تحت مخارج الفروع ، وفي بعض أنواع التفرعات ، وفوق الجذور . وحول الجروح وغيرها من التراكيب الشاذة وغيره . ويرجع ذلك الى زيادة موضعية في حسيطة الماء أو الغذاء . وفي بعض الأشجار ذات الفروع الكبيرة التى تخرج من الأجزاء الدنيا من جذع الشجرة (مثل شجرة التفاح) ، يتكون الجذع من فقرات متميزة ، تتكون كل منها من نسيج وعائى يصل الى الفرع الذى يملوه . فاذا وجد عدد من هذه الفروع الكبيرة في مستوى واحد فان ما دونها من أجزاء الجذع قد يصبح مقسما - على نحو غير واضح - الى أقسام قطرية (كأنها الفصوص) يصل كل منها الى واحد من هذه الفروع . ولذلك فقد لا يصل الى ما فوق ذلك من أجزاء الجذع ما يكفي من الماء والغذاء ومن البديهي أن تلك الأقسام غير منفصلة ، بل هي متصلة في جوانبها ولكن التجارب دلت على أن التوصيل يتركز في الأجزاء القائمة من الجذع ، أى أن الجذور التى تقع في جانب من جوانب الشجرة الكبيرة ، تغذى الفروع التى في

تاحتيتها ، والتوصيل الجانبى ضعيف وبطئ فى جذوع الأشجار ، وذلك لأن التبار فيها جذور أو فروع أو حيث تقسم الجروح الاتصال المباشر ، وتنفطح الجذور فيها جذور أو فروع أو حيث تقسم الجروح الاتصال المباشر ، وتنفطح الحور عند قاعدتها على نحو ما يشاهد فى اشجار الفرار وكثير غيرها وخاصة اشجار المناطق الحارة ، يرجع الى تغلف موصى بالغ تنتجة لنشاط الكميوم فوق مواضع الجذور .

وتميز حلقات النمو النباتات الحشيبه ، التى تنمو فى المناطق ذات المناخ المعتدل وهى ضعيفة التكوين أو غير موجودة ، فى أشجار المناطق الحارة ، الا فى الأحوال التى تتميز فيها المواسم المناخية كان تتضمن السنة موسما جافا وموسما مطيرا . أما النباتات الحولية والسوق العشبية للنباتات المعمرة فلا تتضمن غير طبقة نمو واحدة .

الحشب الباكر والحشب المتأخر :

يرجع وجود حلقات النمو الى التغير الموسمى فى ظروف النمو . فالأنسجة التى تتكون فى الشطر الأول من موسم النمو (الحشب الباكر) تختلف فى حجم خلاياها وأنواعها وترتيبها وفى نسبة الأنواع المختلفة من الخلايا ، عن الأنسجة التى تتكون فيما بعد ذلك (الحشب المتأخر) وغالبا ما يسمى الحشب الباكر حشب الربيع ، ويسمى الحشب المتأخر حشب الصيف ، ولكنها تسمية لا يمكن تعميمها لأن جزئى حلقة النمو قد لا ينطبق عليهما هذا التوزيع الموسمى حتى فى بعض نباتات المناطق المعتدلة . على أن الأمد قد طال باستعمال مصطلحات الحلقة السنوية والحشب الربيعى والحشب الصيفى ، لأنها تصلح فى أغلب أحوال لنباتات المناطق المعتدلة ، وسيظل استعمالها ولا شك بحكم العادة . أما مصطلحات الحشب الصيفى والحشب الحريفى لتقابل الحشب الباكر والحشب المتأخر فقد توقف استعمالها ، ذلك لأن الحشب الحريفى لا يتكون فى أغلب الأشجار ، والشائع أن يبدأ تكون الحشب فى فصل الربيع . اذن فالحلقة السنوية تتكون من جزئين : طبقة داخلية هى الحشب الباكر ، وطبقة خارجية هى الحشب المتأخر ، ولا يوجد خط يفصل الجزئين لأنهما متصلان . ولكن الخط واضح بين الحشب المتأخر

لسنة ما والخشب الباكر في السنة التالية ، وهو الخط الذي يميز الحلقة السنوية ويحددها .

الحلقات السنوية الكاذبة

تتكون الحلقات السنوية الكاذبة عادة نتيجة لأحداث يتوقف بها النمو الطبيعي للخشب ثم لا يلبث أن يستأنف في فسخة الموسم نفسه . مثال ذلك تساقط الأوراق والتعرض لموجات الجفاف وغير ذلك من الاضطرابات في النمو ينتج عنها تكوين أنسجة تشبه الخشب المتأخر في غير موعدها . وشبه بذلك ما يشاهد في بعض الأشجار ذات النشاط الموسمي كالبلوط . ان البراعم الساكنة وخاصة البراعم الطرفية قد تبدأ نموها في أواخر الصيف وينشأ عن ذلك حلقة نمو كاذبة . ويمكن التعرف على الحلقات الكاذبة بأن الحدود الخارجية للنمو المتأخر غير واضحة . والحلقة السنوية التي تتضمن عدة حلقات كاذبة تسمى حلقة سنوية ثنائية أو ثلاثية ... الخ .

الخشب حلقى المسام ومنتشر المسام

تتضح معالم الحلقات السنوية باقتصار وجود الأوعية على الخشب الباكر ، أو بتمييزه بالأوعية الواسعة على نحو ما يوجد في البلوط (شكل ١٠١ أ) والكتلة^(١) والغرار (الشكل الأول في الكتاب) ، أو أن تكون الأوعية فيه أوسع وأكثر مما توجد في الخشب المتأخر . وفي الأحوال التي يتضح فيها الخشب الباكر ، ويتميز عن الخشب المتأخر ، يسمى الخشب حلقى المسام ، مثال ذلك خشب المران^(٢) والبلوط (شكل ١٠١ أ) أما إذا كانت الأوعية موزعة بانتظام على مناطق الحلقة جميعا دون تمييز على نحو ما يشاهد في خشب التسامول^(٣) والاسفندان^(٤) والجور^(٥) (شكل ١٠٠ أ) أو إذا تدرج توزيع الأوعية حجما أو عددا من الخشب المتأخر ، مثلما يشاهد في خشب الجوز^(٦) والفتحاح (شكل ١٠٢ أ) فيسمى الخشب منتشر المسام ولا يوجد حد فاصل بين هذين النوعين وكثير من الأخشاب تمثل نوعا وسطا بينهما .

(٢) مران Fraxinus

(٤) اسفندان Acer

(٦) جوز Juglans

(١) كتليه Catalpa

(٣) تامول Betula

(٥) حور Populus

الصفات التشريحية العامة للخشب الثانوى

انواع الخلايا ونظام ترتيبها في الخشب الثانوى :

تتضمن كل من النظامين الطولى الرأسى والأفقى الاشعاعى خلايا حية وأخرى غير حية . وتباين نسبة هذه الى تلك تباينا عظيما في الأنواع النباتية المختلفة بل وفي الفصول المختلفة للنمو وفي الأعضاء المختلفة للنبات الواحد . الجهاز الأفقى الاشعاعى - وهو أشعة الخشب التى تكلمنا عنها يتكون جميعه في أغلب النباتات من خلايا حية . أما الجهاز الرأسى فيحوى نسبة قليلة من الخلايا الحية . هذا القليل هو خلايا برنشيمية الخشب التى تتظم في صفوف طولية من الخلايا متصلة الأطراف ، والتى تمتد صاعدة في الخشب بدون حد (أشكال ٩٩ ج ، ١٠١ ب) أما خلايا التوصيل والدعم بأنواعها المختلفة فتوجد بنسب متباينة وترتيب متباين . والشائع أن يشتمل الخشب الواحد على عدد قليل من أنواع الخلايا ، ولكن خشب بعض الأنواع النباتية يشتمل على أنواع كثيرة من الخلايا . فخشب جنس التوب^(١) على سبيل المثال يتكون (عدا الأشعة) من القصبيات وحدها وفي بعض أنواعه يتكون الخشب من القصبيات وبرنشيمية الخشب . وفي خشب جنس البسيا^(٢) توجد القصبيات والقصبيات الليفية وفي بعض أنواعه توجد البرنشيمية أيضا . وفي خشب جنس اللاركس^(٣) توجد القصبيات والقصبيات الليفية والبرنشيمية . وفي خشب الاسفندان توجد الأوعية والألياف وبرنشيمية الخشب . وفي خشب بعض أنواع البلوط توجد القصبيات والقصبيات الليفية والألياف العادية والألياف المستدقة والألياف الجلاتينية والأوعية وبرنشيمية الخشب .

وتتظم الخلايا المختلفة على طرز مختلفة . على أن الترتيب الاشعاعى للخلايا (الذى يشاهد في القطاع العرضى) ، يرجع الى طبيعة نشأتها الثانوية من خلايا الكميوم . وربما كان توزيع الأنواع المختلفة من الخلايا منتظما في نسيج الخشب (أشكال ١٠٠ : ١٠٣) ، أو أن يكون لها ترتيب معين كالصفوف أو الكتل ذات الأنواع المختلفة الشكل في صدر الكتاب . ومن نظم الترتيب الشائعة وجود الخلايا في صفوف مماسية ، مثل ذلك ترتيب خلايا برنشيمية الخشب في خشب

(١) لاركس Larix

(١) توب Abies

(٢) شجرة الزنبق Liriodendron

(٢) ببسيا Picea

البكان (١) وديسبورس (٢) (شكل ١٠٣ أ) وتوجد الأوعية في كتل على نحو ما يشاهد في التامول والفرغار وشجرة الجراد (٣).

ترتيب برنشيمة الخشب :

يكون ترتيب برنشيمة الخشب على ثلاثة أحوال : وهى صفات ثابتة فى الجنس الواحد وربما كانت ثابتة فيما هو أوسع من ذلك من أقسام المجموعات النباتية . ولا توجد برنشيمة الخشب فى بعض أنواع عاريات البذور . أما فى اللارقس وثبب التوبة (٤) وبعض أنواع كاسيات البذور مثل المانوليا (٥) والصفصاف (٦) فلا توجد برنشيمة الخشب الا فى آخر ما يتكون من خلايا الحلقة السنوية أى أنها تتكون على سطح الخشب المتأخر وتسمى برنشيمة الخشب الختامية (شكل ١٠٤ أ) وفى نباتات أخرى توجد البرنشيمة فى ذلك الوضع الذى ذكرنا مضافا الى ذلك مجموعات متفرقة من البرنشيمة متناثرة فى الحلقة السنوية ويكون بعضها بين القصيبات والقصيبات اللغيفة تسمى هذه الحالة : برنشيمة الخشب المنتشرة أو المجاورة للقصيبات (شكل ١٠٤ ب) ومن أمثلة الأخشاب ذات البرنشيمة المنتشرة خشب التفاح (شكل ١٠٣ أ) والبلوط (شكل ١٠١ أ) وديسبورس (شكل ١٠٣ أ) أما فى خشب الاسفندان والمران والكتلة فالبرنشيمة على حواف الحلقات السنوية وحول الأوعية أى على صلة مباشرة بها ، أو على صلة بخلايا برنشيمة أخرى ذات صلة مباشرة بالأوعية ولا توجد مستقلة بين القصيبات والألياف . وتسمى هذه برنشيمة مجاورة للأوعية (شكل ١٠٤ ج) .

تركيب خشب عاريات البذور :

تتميز المجموعات النباتية الرئيسية بتركيب الخشب الثانوى ، فخشب عاريات البذور بسيط متناسق التركيب يتضمن أنواعا قليلة من الخلايا حتى ليكون بناؤه فى بعض الأحيان من القصيبات الخالصة عدا خلايا أشعة الخشب ، مثال ذلك

(١) Diosperos sp. ديسبورس

(٢) Carya يكن

(٣) Pseudotsuga شبه التوبة

(٤) Robinia شجرة الجراد

(٥) Salix صفصاف

(٦) Magnolia مانوليا

خشب التنوب والاجاث^(١) في مثل هذا الخشب لا يكاد يختلف الخشب الباكر عن الخشب المتأخر . أما في أجناس أخرى مثل اللارقس والسكويا^(٢) (شكل ٩٩ أ) وأنواع الصنوبر الصلبة فالخشب المتأخر يختلف اختلافاً بيناً عن الخشب الباكر . وتقع بعض الأجناس في مرتبة وسط . وفي كل الأجناس تختلف الخلايا غير الحية (القصبيات اللينة أو الألياف ، في الخشب المتأخر ، عن القصبيات العادية ، في غلط الجدران ، وضيق الفراغ الخلوي ، وحجم النقر واعدادها . والألياف نادرة في عاريات البذور . أما برنثسية الخشب التي تسمى أحياناً خلايا الراتنج في عاريات البذور ، فلا توجد في عدد من الأجناس مثل الاروكاريه^(٣) والزرنب^(٤) والبسيا والصنوبر الا حول قنوات الراتنج وهي نادرة في أجناس أخرى مثل اللارقس وتسوجا^(٥) حيث تكون البرنثسية الختامية . والشائع أن تكون برنثسية الخشب منتشرة فيما بين خلايا الخشب الأخرى على نحو ما يشاهد في العرعر^(٦) والتوبة^(٧) والسكويا والفشاغ^(٨) . وتوجد الأوعية في خشب فصيلة العلد^(٩) على أن خشب كاسيات البذور بسيط التركيب كما ذكرنا .

تركيب خشب كاسيات البذور :

يتميز خشب كاسيات البذور بوجود الأوعية . وهو على العموم أكثر تعقيداً في تركيبه من خشب عاريات البذور ، اذ يتضمن عدداً من أنواع الخلايا ، مثل الأوعية والقصبيات والقصبيات اللينة والألياف ذات الأنواع المختلفة ، وخلايا برنثسية الخشب . وقد توجد في نسيج الخشب الواحد جميع هذه الأنواع أو قد توجد بعضها ، أضف إلى ذلك التباين في شكل الأشعة وترتيب الأنواع المختلفة من الخلايا والعلاقات فيما بينها . والأوعية شائعة في أغلب الأجناس بل أن الأوعية قد تكون الجزء الأعظم من نسيج الخشب مثال ذلك الزيزفون والخور (شكل ١٠٠) وكثير من التسلقات والأعشاب . أما الأعشاب التي ينتظم فيها نسيج الخشب على هيئة أسطوانة متصلة (غير مقسمة إلى حزم) فتكون الأوعية فيها

- (٢) سكويا Sequoria
(٤) زرنب Taxus
(٦) مرعر Juniperus
(٨) مشاع Podocarpus

- (١) اجاث Agath
(٣) ابروكاريا Araucaria
(٥) تسوجا Tsuga
(٧) التوبة Thuja
(٩) علد Ephedra

قليلة وصغيره عادة وتكون الأوعية الجزء الأكبر من خشب الجذور في أغلب الأحوال . ولا توجد الأوعية في خشب عدد قليل من كاسيات البذور وفي بعض الصحراويات والمائيات وفي الخشب الثانوى لذوات الفلقة الواحدة وتوجد برنشمية الخشب في كاسيات البذور الا بعضها القليل وهى كثيرة في بعض أنواع الخشب كالبكان^(١) والشنار^(٢) وقليلة في البعض الآخر ، كالاسفندان وشجرة الزنبق ، وبرنشمية الخشب في حالتها النموذجية لا توجد في الحزم الوعائية المنفصلة ، التى تتكون في بعض المتسلقات حيث تتوسط بين الحزم أشرطة عريضة من الأشعة البرنشمية . كذلك قد توجد أنواع متعددة من الألياف في النوع النباتى الواحد وخلاصة القول ، أن التعمد والتنوع في التركيب ، هى الصفات العامة لأخشاب كاسيات البذور ولا يكاد يفوق نسيج الخشب في هذا المضمار الا نسيج اللحاء الثانوى في كاسيات البذور أيضا .

أشعة الخشب :

أشعة الخشب هى ذلك الجزء من أشعة النسيج الوعائى الذى يلى الكمبيوم من الداخل . ويبدو من تركيب الأشعة الوعائية ووضعها أنها تقوم بوظيفة التوصيل العرضى في الأجزاء الحية من النسيج الوعائى وبمعاونة أيضا : بما تحوط به من مسافات بينية مستعرضة ، على تبادل الغازات بين الأنسجة والهواء الخارجى وينتقل الماء عبر الأشعة من الخشب الى الكمبيوم واللحاء ، كما ينتقل الغذاء المجهز من اللحاء الى الكمبيوم وبرنشمية الخشب ومنها الى الخلايا الداخلية من الأشعة حيث يخزن الغذاء . ويتوقف النشاط الحيوى في الأطراف بمد حين . اذ أن الأطراف الداخلية يطهرها الخشب الصمىمى والأطراف الخارجية تتمزق مع ما حولها من الخلايا بتأثير طبقات الفلين (انظر الفصل التاسع) .

والشائع أن تكون خلايا الأشعة مستطيلة في اتجاه محور امتداد الشعاع . فاذا كانت الخلايا جميعا من هذا النوع يوصف الشعاع بأنه متجانس ، أما اذا كانت الخلايا من أنواع متعددة أو أن تكون استطالة بعضها في اتجاه قائم ويكون البعض مكعبا فيوصف الشعاع بأنه غير متجانس وخلية الشعاع متوازية الأضلاع في الشكل ، مستطيلة في أغلب الأحوال مع استدارة أركانها — وفي بعض أنواع

(٢) Platanus شجر

(١) بكان Carya

للأشعة العريضة ، على نحو ما يوجد في البلوط ، قد تبدو الخلايا مستديرة في القطاع العرضي . وتباين وحدات أشعة الخشب في الطول والعرض والارتفاع فقد تكون ثخانتها خلية واحدة مثل السبيا (شكل ٩٨ ج) والهور (شكل ١٠٠) وتسمى وحيدة الصفوف . وقد تكون ثنائية الصفوف أو عديدة الصفوف ، وهي في كافة الأحوال اما متجانسة أو غير متجانسة . وفي كاسيات البذور يبدو أن الأشعة غير المتجانسة أقدم في مراتب التطور من الأشعة المتجانسة ، وأرقى المراتب هي الأشعة وحيدة الصفوف متجانسة الخلايا وفي بعض الأحوال توجد الأشعة في مجاميع متقاربة من الوحدات الضيقة على نحو ما يوجد في خشب الحورة^(١) والكاريبنوس^(٢) وتسمى تجمعات الأشعة وهو مصطلح غير موفق إذ قد يساء استعماله أو فهمه . وتمتد خلايا أشعة الخشب في صفوف أفقية . وتنتظم الخلايا على نحو لا تتقابل فيه أطراف الخلايا في الصفوف المتلاصقة من فوق أو من تحت ، كما لا تتصل الجدران الطرفية في خلايا الأشعة بجدران خلايا الأجهزة الرأسية . ووحدة الأشعة تشبه الجدار لبنائه الخلايا ، والأشعة وحيدة الصفوف تشبه الجدران التي تبني وثخانتها خلية واحدة ، والأشعة ثنائية الصفوف كجدار ثخانتها لبنتان ٠٠٠ الخ . أما الارتفاع فيتراوح من خلية واحدة الى عدة خلايا : أي من جزء من المليمتر الى ١٠-٨ سنتيمترات وربما فاقت بعض الأشعة النخاعية في أنواع المتسلقات والأعشاب هذا المدى في الارتفاع ، ولكنها تراكيب تختلف من الناحية المورفولوجية عن أشعة الخشب التي نحن بصدد الكلام عنها . وربما تباين ارتفاع الأشعة وعرضها في النوع النباتي الواحد (أشكال ٩٩ ج ، ١٠٢ ج) وفي بعض الأنواع النباتية الأخرى لا يشاهد هذا التباين الواضح . نذكر على سبيل المثال أن الأشعة في عاريات البذور عامة وحيدة الصفوف ولكنها تختلف في الارتفاع (شكل ٩٨ ج) وفي كثير من أنواع البلوط تكون الأشعة اما وحيدة الصفوف أو عديدة الصفوف عظيمة العرض (شكل ١٠١ ا ، ب ، ج) دون أن تكون وسطا بين النقيضين ، وتباين ارتفاعاتها . اما في التامول والاسفندان فيتراوح عرض الأشعة ، بين صفين وعشرة صفوف ، ولكنها لا تتباين كثيرا في الارتفاع وفي أنواع ديسبورس ، تماثل الأشعة جميعا في العرض والارتفاع وشكل مقطع الأشعة (كما يبدو في القطاع الطولي المماسي للخشب يختلف في النباتات المختلفة ، فقد تبدو

(٢) كاريبنوس Carpinus .

(١) حورة Alnus

الأشعة طويلة: ضيقة أو بيضية أو مستدقة الأطراف أو مدورة . على أن الشكل ثابت عادة في النوع النباتي الواحد .

أما طول أشعة الخشب أى امتدادها في الاتجاه القطرى ، فيعتمد على موضع نقطة النشأة في الخشب (راجع نشأة الأشعة في الفصل السادس) إذ الأشعة متصلة في تلك النقطة بالكيمبوم ولا ينقسم هذا الاتصال الا في حالات الضرر الذى يتلف الكيمبوم :

وليس للأشعة في أغلب أنواع الخشب نظام محدد الا أنها موزعة توزيعا متساويا في النسيج الوعائى (أشكال ٩٨ ج ، ١٠٢ ج) وأنها لا تلتقى وأن المسافات بينها محدودة . على أنها موزعة في ترتيب محدد في بعض أخشاب المناطق الحارة كالديسورس ولا يبدو أن هناك علاقة بين ترتيب الأشعة وتركيب الجذع . ولكن تبدو هناك علاقة بين الأشعة التى تنشأ مبكرة ، ونظام توزيع الأوراق ، إذ يكون لها علاقة بمسير حزم العنق .

قصبيات الأشعة :

الغالب أن تكون خلايا أشعة الخشب جميعا خلايا حية تتميز عن الخلايا البرنسيمية بجدرانها الغليظة الملحجنة . ولكن الأشعة في بعض أجناس عاريات البذور (مثل الصنوبر) تحتوى على خلايا حية وأخرى غير حية ، وتسمى الخلايا غير الحية قصبيات الأشعة لقرب الشبه بينها وبين القصبيات في شكل النقر والتركيب الكيميائى للجدران ، وعدم وجود البروتوبلاست ، ولكنها تشبه خلايا الأشعة الحية في الشكل العام للخلية وفى وضعها في الأشعة (شكل ١٠٥) غير أنها غير منتظمة الشكل كالخلايا الحية إذ تكون واضحة الطول ، ضيقة وتوجد قصبيات الأشعة عادة في الحواف العليا والسفلى للأشعة ولذلك تسمى قصبيات الأشعة الطرفية والصفوف الطرفية في مثل هذه الأحوال تتكون عادة من هذا النوع من الخلايا ونادرا ما يختلط بها القليل من الخلايا الحية . ويتراوح عدد صفوف قصبيات الأشعة بين الصف الواحد والعديد من الصفوف ، ولكن الغالب أن لا يتجاوز ثلاثة صفوف وفى بعض الأحيان التى تتكون فيها الأشعة من صف واحد أو من صفين أو ثلاثة صفوف قد يكون بناؤها من قصبيات الأشعة . كما أن قصبيات الأشعة قد تكثف وسط الأشعة في صفوف تسمى قصبيات الأشعة

المنتشرة في بعض الأحوال التى تتكون الأشعة فيها من صفوف كثيرة جدا أى تكون عظيمة الارتفاع . ويبدو من تركيب قصيبات الأشعة وأوضاعها أنها تقوم بالتوصيل الجانبي للماء .

الخلايا الحافية في أشعة كاسيات البذور :

لا توجد قصيبات الأشعة في كاسيات البذور ولكن الأشعة في هذه النباتات ليست متجانسة على الدوام . ففي أخشاب كثيرة من النباتات مثل أجناس الصنصاف والنس^(١) توجد خلايا حافية تختلف في أشكالها وحجومها ومحتوياتها عن خلايا الأشعة الأخرى ، ومن الواضح أنها تختلف عنها في الوظيفة أيضا وهى خلايا حية ومحوها الطويل قائم أو أن تكون الخلايا أقصر من خلايا الأشعة الأخرى . والنقر كثيرة وكبيرة في الجدران الجانبية المتصلة بالأوعية ، على غير ما يكون عليه حال خلايا الأشعة الأخرى ، وقد تكون هذه الخلايا الحافية في صفوف متصلة ، أو أن تكون متفرقة في الصفوف الحافية . ووظيفة هذه الخلايا غير معروفة على وجه اليقين ، ولكنها في كثير من الأخشاب تحوى افرازات خاصة كالزيت الطيارة ومثال ذلك خشب نبات السفرس .

التيلوز :

تدخل الى فراغات الأوعية ، عبر فجوات النقر ، امتدادات مشانية من الجدران الخلوية المجاورة وهى تراكيب توجد في الخشب الأولي والثانوى ولكنها من الصفات البارزة للخشب الثانوى ولذلك تتناولها في هذا الموضع . ينشأ التيلوز عن تمدد الأغشية في النقر المزدوجة نصف المصفوفة التى تقع على الجدران بين الأوعية أو القصيبات من ناحية وبرئشيمة الخشب أو خلايا أشعة الخشب من ناحية أخرى . يمتد هذا الغشاء الرقيق وينمو بالطريقة الانحشارية على ما يبدو مندفعاً عبر النقرة الى فراغ الخلية غير الحية (شكل ١٠٦) ويمضى الى هذا الاتفاخ المثاني الشكل جزء من السيتوبلازم وربما انتقلت اليه النواة فاذا تم نمو التيلوز فقد يتكون فيه القليل من النشا أو البلورات المعدنية أو الراتنج والصمغ ، وقد يبقى التيلوز صغيراً ، أو قد يكبر جداً ، ويعتمد حجمه وشكله على شكل فراغ القصية أو الوعاء الذى يمتد فيه وعلى عدد وحدات التيلوز التى تتكون . وقد يبقى جدار التيلوز رقيقاً ، ثم يتجدد أو يتهدل في الخشب الصمى ، أو قد

يتحول الجدار الى التغلظ وربما يتلجن ، وربما تتكون النقر في جدران التيلوز وخاصة في مواضع اللقاء مع وحدات التيلوز الأخرى . وعدد وحدات التيلوز في الفراغ الخلوي الواحد يتراوح بين القليل على نحو ما يكون في خشب الحور (شكل ١٠٠ ج) والكثير على نحو ما يكون في خشب البلوط الأبيض (شكل ١٠١) فإذا ملأت وحدات التيلوز فراغ الخلية اتخذ كل منها شكلا مضلعا نتيجة تضاعفها . ويقال ان التيلوز ينقسم في بعض النباتات وينشأ عن ذلك نسيج عديد الخلايا ملاء فراغ الخلية على نحو ما يكون في خشب شجرة الجراد وشجرة القش^(١) على أن مثل هذا الانقسام أمر مشكوك فيه ، وربما كان مظهرا ينتج عن وجود عدد من وحدات التيلوز المتراخمة ، يضغط بعضها بعضا ، على نحو ما تفعل فقاعات رغوة الصابون المتراخمة . وقد ينشأ التيلوز من بعض النقر المزدوجة دون غيرها ، كما يشاهد في الجوز وشجرة الزنبق والسفرس ، أو ينشأ من أغلب النقر أو من جميع النقر التي تصل الوعاء بالخلية الحية على نحو ما يشاهد في شجرة الجراد والهاق^(٢) والكتلية . وقد ينشأ أكثر من تيلوز واحد من كل خلية برنشيمية ، ويتكون التيلوز ، أحيانا في فراغات القصبيات في خشب عاريات البذور ، ومثال ذلك بعض الصنوبريات الرخوة .

وقريب الشب بالتيلوز ، تضخم الخلايا الطلائية المحيطة بقنوات الراتنج في خشب المخروطيات ، مما يسبب انفلاق هذه القنوات (شكل ١٠٣ ج) تسمى هذه الخلايا المتضخمة تيلوز ، ولكن الأفضل أن تسمى أشباه التيلوز . ومثل ذلك يقال عن امتداد الخلايا البرنشيمية ، أو أجزاء منها الى داخل الأجزاء الضعيفة ، أو المتمزقة ، من قصبيات الخشب الأول ، أو أوعيته ، أو أن تمتد في الأجزاء الرقيقة ، بين حلقات الأوعية أو حلزواتها .

والتيلوز من الصفات العامة لأخشاب كاسيات البذور . وقد تتميز به بعض الأنواع النباتية ، وقد لا توجد قط في أنواع أخرى ، ويتكون التيلوز في أخشاب كثيرة عند مرحلة تحول الخشب الرخو الى خشب صميمي وهو لذلك شائع في الخشب الصميمي ، على أنه يوجد أيضا في بعض الأحوال في الخلايا الخارجية من حلقات الخشب الرخو . ويوجد التيلوز أيضا في أوعية الأعشاب فقد جاء

(٢) ساق Rhus

(١) شجرة القش Maclura

وصفه في بعض الأجناس كالقرع (١) والكانا (٢) والرجلة (٣) والحماض (٤) والاسارون (٥) والعليق (٦). وقد يكون نشأة التيلوز أمرا طبيعيا في النبات ، وقد تنشط الجروح في نباتات أخرى ، فالتيلوز يتكون في الأجزاء المحيطة بالجروح التي تصيب الأجزاء الخارجية من الخشب عند سطح الجذع ، أو في المناطق التي قطعت منها الفروع وقد شوهد تكون التيلوز في كتل الخشب الرخو بعد قطعها عن الشجرة وسقوطها على الأرض كما شوهد تكون التيلوز في الأجزاء الداخلية من مسير الورقة بعد سقوطها ، مثل هذا التيلوز موضعى النشأة وهو في العادة غير منتظم شكلا وحجما .

ويقال في تحليل تكون التيلوز طبيعيا أو نتيجة للجروح أنه ينشأ نتيجة لاختلاف في ضغوط الخلايا على جانبى غشاء المنقرة أو اختزال الضغط أو توقف تيار التوصيل في الوعاء مما يسمح للغشاء أن يمتد الى داخل الفراغ الخلوى . ولا يعتمد توزيع التيلوز في الخشب على نوعه ولا سرعة النمو ، ولا عمر النبات ، ولا ظروف البيئة أما التيلوز قليل حيث برشيمة الخشب قليلة .

للتيلوز أهمية بالغة في القيمة الاقتصادية للأخشاب . فهو — على تواضع أمره من أسباب تحمل الخشب وبقاؤه . فالأخشاب ذات القدرة على البقاء والاحتمال الا في حالات قليلة ذات وفرة في التيلوز — مثال ذلك شجرة القش وشجرة الجراد ، والجوز ، والتوت ، والكتلة ، والبلوط الأبيض ، اذ يفلق التيلوز مسالك الأوعية وبذلك يمنع سرعة دخول الماء والهواء ، وكذلك خيوط الفطريات اليها . على أننا نذكر أن قدرة الخشب على البقاء والاحتمال ترجع أساسا الى طبيعة الجدران ، ووجود التيلوز يمنع سرعة سريان المواد الحافظة الصناعية التي يعالج بها الخشب فعندما يعالج خشب البلوط الأحمر غير ذى التيلوز بمادة الكريوزوت ، فإن هذه المادة تسرى على مسافات بعيدة في الأوعية بينما اذا عولج خشب البلوط الأبيض ذو التيلوز ، فإن هذه المادة لا تكاد تتسرب فيه قط . لذلك يستعمل خشب البلوط الأبيض (المصمت) لصناعة الأوعية والبراميل ، التي تحفظ السوائل ، أما خشب البلوط الأحمر ذو الأوعية المفتوحة ، فلا يصلح لمثل هذه الأغراض .

(١) Cucurbita	(٢) Canna
(٣) Portulaca	(٤) Rumex
(٥) Asarum	(٦) Convolvulus

الحشب الرخو والحشب الصمى :

أن مآرفنا الأكيدة عن نشاط التوصيل لأنسجة الحشب فى الأعمار المختلفة قليلة . ومن المرجح أن تكون الخلايا فى أوج نشاطها أول ما يتم نضجها ثم ما يزال نشاطها وقدرتها على التوصيل تقل تدريجيا حتى يتوقف نشاطها الوظيفى . ومن الواضح أن قيام الحشب بوظيفة التوصيل مستمر الى حد ما ، ما استمر وجود الخلايا الحية فى عناصره ، هذا هو الحشب الرخو أما عندما يتوقف النشاط فانه يتحول الى خشب صمى . وقد جب هذان المصطلحان ما سبقهما من مصطلحات التميز بين الصنفين من الحشب ويقوم الحشب الرخو بوظائف التوصيل والتدعيم وتخزين الغذاء أما الحشب الصمى فالتدعيم وظيفته الوحيدة . ويتضمن تحول الحشب الرخو الى خشب صمى تغيرات هامة : فالخلايا الحية جميعا تفقد مادتها الحية ويذهب عصيرها الخلوى كما تفقد جدران الخلايا عموما كثيرا من مائها وتنتقل المواد الغذائية المختزنة فى الخلايا الحية الى أجزاء أخرى من الحشب الرخو النشط ، ويتكون التيلوز فى أنواع الحشب ذات التيلوز ، ويزداد تلجن جدران الخلايا البرنسيمية ذات التلجن الجزئى : ويتكون فى الخلايا أو تسرى فيها مواد كيميائية جديدة كالزيوت والأصماغ والراتنج والمركبات الثانوية ، ومختلف المواد الملونة والعطرية ، كما تثبت أغشية النقر فى أوضاع تفلق بها النقر . وباختصار يتوقف النشاط الوظيفى ويصبح الحشب الصمى عمودا دعائيا مصمتا .

ويتبين مدى تجفيف الحشب أثناء تحوله الى خشب صمى ، ففى قليل من النباتات مثل الغرغار والتفاح يبقى الحشب مبتلا أى مشبعا بالماء (والارجح أن لا يكون هذا الماء ساريا فى مسالك التوصيل) . وفى نباتات أخرى يصبح الحشب الصمى جافا كما فى المران . أما المواد المختلفة كالزيوت والراتنج والمواد الملونة فقد تسرى فى الجدران ، وقد تملأ الأصماغ والراتنج فراغ الخلايا كليا أو جزئيا ، ففى الأبنوس ^(١) والماهوجنى ^(٢) تمتلئ فراغات الخلايا بمواد صمغية داكنة اللون وفى أغلب الأحوال تكون هذه المواد الملونة فى جدران الخلايا وفى الأحوال الأخرى يكون وجودها فى فراغات الخلايا . ويرجع الى وجود هذه المواد كون الحشب الصمى أدكن لونا من الحشب الرخو ، على أن الحشب الصمى

(١) إبنوس Dryosperos (ebony)

(٢) ماهوجنى Sweetenia (mahogany)

في بعض الأجناس النباتية ، مثل التامول والخور والبسيا والأجاث ، لا يكاد يختلف لونا عن الخشب الرخو .

والخشب الصمىمى أقدر على البقاء والاحتمال ، في الأغراض الصناعية من الخشب الرخو ، وذلك لقلة المواد الغذائية التى تتاح فيه للفطريات والبكتريا ، ويرجع ذلك الى ضياع البروتوبلازم والنشا وتكون مواد الراتنج والتانين والزيوت وأنغلاق مسالك الأوعية بما يتكون فيها من التيلوز ويجمع فيها من الأصماغ مما يجعل الخشب أقل نفاذية للماء وأقل تعرضا لعوامل العطب وكائناته . وقيمة الخشب الصمىمى الاقتصادية أعظم من قيمة الخشب الرخو لهذه الأسباب التى ذكرنا ولغيرها كثير مثل وجود الوان مناسبة أو رائحة مرغوبة أو مواد خاصة ذات قيمة أو أهمية مثل مادة الهيماتوكسلين على أن بعض أنواع الخشب الرخو ذات أهمية لبعض الأغراض الصناعية الخاصة منها أنه صالح لصناعة لب الخشب لأنه خال من الأصماغ والراتنج والمواد الملونة أى أنه خشب قابل للتلوين .

ومن الظاهر أن لا حدود لمدة النشاط الوظيفى لنسيج الخشب ، فهى مرتبطة بالنشاط الفسيولوجى للشجرة أو العضو موضع النظر . فالنباتات الصبية النمطة أو الأجزاء ناشطة النمو من الأعضاء المسنة لا تحوى الا القليل أو قد لا تحوى قط شيئا من الخشب الصمىمى بينما تحوى النباتات بطيئة النمو أو الأشجار المسنة نسبة كبيرة من الخشب الصمىمى . ففي الأشجار المسنة ، لا يكاد يبقى الخشب الرخو على حاله غير سنوات قليلة جدا ، أذ لا يلبث أن يتحول الى خشب صمىمى . أما فى الأحوال التى يتجدد فيها النمو النشط ، فإن كتلة عظيمة من الخشب الرخو تتكون وتبقى على حالها سنوات عديدة . وعندما يتحول الخشب الرخو الى خشب صمىمى قد لا تتحول الحلقة السنوية دفعة واحدة أى أن الحدود الخارجية للخشب الصمىمى قد لا ترتبط بالحلقات السنوية وحيث تتكون فروع قوية فى أحد جوانب جذوع الساق أو الجذر ، فإن جزء الخشب فى ذلك الجانب يظل نشيطا حيا الى مدة أطول من غيره من الأجزاء التى تساويه فى العمر .

العلاقة بين التركيب المجهرى وصفات الخشب واستعماله :

وتباين أنواع الأخشاب فى صفاتها وفى قيمتها بالنسبة للأغراض المختلفة . فالصفات المميزة ومن ثم القيمة الاقتصادية تعتمد على التركيب التشريحي

الكيميائي للأنسجة وتتصل الاختلافات التشريحية التي تؤثر على صفات الخشب بأنواع الخلايا ونسبة وجودها وانتظامها . نذكر على سبيل المثال وجود الألياف أو عدم وجودها ، وفرة الأوعية الكبيره في كافة الأجزاء أو اقتصار وجودها على أجزاء محدودة ، واتساع خلايا الألياف وغلظ جدرانها وطول هذه الألياف ومدى تراكمها واستقامتها ، ووفرة أشعة الخشب واتساعها ووجود التيلوز . أما وفرة برنشية الخشب وتوزيعها فيبدو أن أثرها على صفات الخشب قليل . وللإختلاف في التركيب الكيميائي للخشب أهمية كبرى بالنسبة لبعض الصفات المعينة وخاصة في المقارنة بين الخشب الرخو والخشب الصمى وتباين جدران الخلايا أيضاً في تركيبها الكيميائي وفي صفات السيلوز واللجنو سليولوز واللجنين . وأحيانا تكون الجدران جيلاتينية ، كما قد توجد مركبات الثانين بكميات ملحوظة بأن تسرب الى الجدران ذاتها . كذلك قد تحوى فراغات الخلايا كميات متباينة من الأصماغ والراتنج والتانين .

الوزن :

لا يختلف الوزن النوعى لمادة الجدران في خلايا الخشب كثيرا (حوالى ١٥٥٣) . أما الاختلاف في الوزن ، فيرجع الى تباين النسبة بين مادة الجدران وفراغات الخلايا . فحيث الفراغات صغيرة ، يكون الخشب كثيفا ثقيلًا . لذلك يزيد من وزن الخشب وجود الألياف الغليظة الجدران على نحو ما يوجد في خشب عود الأنبياء^(١) والأبنوس (شكل ١٥٣ أ) والتفاح (شكل ١٥٢) أما حيث الجدران رقيقة وفجوات الألياف والخلايا البرنشية واسعة فالخشب خفيف كما أن وجود كثير من الأوعية رقيقة الجدران على نحو ما يوجد في الحور (شكل ١٥٠) والزيزفون يقلل من الوزن النوعى للخشب حتى ولو كانت الألياف غليظة الجدران وأنواع الخشب المعروفة بأخشاب الفلين ، مثل البلسه^(٢) (شكل ١٥٣ ب) تحوى نسبة عالية من الخلايا البرنشية رقيقة الجدران .

ويتراوح الوزن النوعى للأخشاب من حوالى ٥٠٤ و (خشب القبعات)^(٣)

(١) عود الانبياء Guaiacum

(٢) بلسه Ochroma

(٣) نبات خشب القبعات Aeschynomene

الى ٤ و ٦ (خشب الحديد الأسود)^(١) والوزن النوعي لأغلب أنواع الأخشاب التجارية المعروفة يتراوح من ٣٥٠ الى ٦٥٠ . ويتراوح الوزن النوعي لأخشاب أنواع البلوط من ٦٥٠ الى ٩٥٠ ، وأنواع البكان من ٦٢٠ الى ٦٩٠ ، وأنواع التنوب من ٣٥٠ الى ٤٧٠ ، وأنواع الحور من ٣٦٠ الى ٤١٠ ، وأنواع السكوا من ٣٩٠ الى ٤٢٠ . ومن أمثلة الأخشاب الثقيلة أنواع عود الأنبياء ، اذ يتراوح الوزن النوعي فيها من ١٠ الى ١٤ ، وأنواع الكافور من ٨٠ الى ١٢٥ ، وأنواع السنط من ٨٠ الى ١٣٠ . ومن أنواع الأخشاب الخفيفة ذات القيمة الاقتصادية خشب البلسا اذ يتراوح وزنه النوعي من ١٢٠ الى ٣٧٠ . ويستعمل في بناء طبقات العزل وصناعة الطيارات وقوارب النجاة ، فهو خشب حسن البناء قوى التركيب بالنسبة لوزنه الخفيف . ومن الناحية التشريحية يوجد نوعان من الخشب الخفيف . نوع تتبادل فيه نطاقات من الخلايا ذات الجدران الملجننة الغليظة والخلايا ذات الجدران الرقيقة غير الملجننة ونوع تتولع فيه هذه العناصر في انتظام وتجانس . وفي بعض أنواع الخشب في نباتات فصيلة الباياط^(٢) والحمرة^(٣) لا تتلجنن غير جدران الأوعية ، أما ما عداها فتبقى غير ملجننة ، ويبدو الخشب كأنه كتلة من اللفت .

قوة الخشب :

يريد من قوة الخشب ، وجود نسبة عالية من الألياف والتقسيبات اللينة . ولذلك فالأخشاب الكثيفة الثقيلة ، أخشاب قوية في العادة ، ويبدو أن طول الألياف ومدى تراكم أطرافها صفات ذات أهمية ثانوية ، بالنسبة لقوة الخشب .

احتمال الخشب :

المقصود باحتمال الخشب قدرته على مقاومة العطب ، الذي تحدثه الفطريات ، وأنواع البكتريا ، وهو أمر يعتمد في الغالب على التركيب الكيميائي للخشب ، وخاصة جدران الخلايا ومحتوياتها ولا علاقة — الا في حالة الأخشاب الخفيفة جدا — بين الصفات الطبيعية كالوزن والقوة والاحتمال ومدى بقاء الخشب .

(١) نبات خشب الحديد الأسود Krugiodendron

(٢) فصيلة الباياط Caricaceae

(٣) فصيلة الحمرة Phytolaccaceae

ومن الطبيعي أن وجود التيلوز ، الذى يعلق الأوعية ، يمنع دخول الخيوط الفطرية والماء والأكسجين ، ولكن الواقع أن ما يحدد بقاء الخشب هو ما يتشربه من مواد حافظة طبيعية مثل التانين والراتنج والزيوت . والخشب الثقيل والخفيف ، كلاهما قادر على البقاء ، مثال ذلك أخشاب السكوييا والكتلة والكستناء وشجرة القش . وهناك أخشاب تقابل هذه فى الثقل أو فى الخفة ، وليس لها قدرة على البقاء مثل الحور والزيفون والاسفندان والبكان ، ولا يعتمد بقاء الخشب على لونه الداكن ولو أن العادة أن الخشب الصمى آمن وأكثر احتمالا من الخشب الرخو أما القدرة على احتمال التلف الآلى ، فتعتمد على صلابة الخشب وكثافته ومناقته .

صفات أخرى :

الأخشاب ذات التركيب المتجانس ، والألياف الطويلة المستقيمة المترابكة والأشعة المستطيلة لها القدرة على الشنى ومن اليسير شطرها الى رقائق . وقوة الخشب وقدرته على الاحتمال الآلى يتضمن قوة التركيب مع شيء من اللبونة مما يرجع الى حد ما - الى تراكب الألياف . والأخشاب ذات الألياف المترابكة المتماسكة يمكن أن يكون لها استعمالات خاصة : فخشب الفراغ - على سبيل المثال يستعمل لصناعة عيدان الأقفاص والمجلات ، ويستعمل خشب شجرة الحديد الأمريكى فى صناعة المدقات والمطارق . وربما يرجع تداخل تعرق الخشب فى بعض النباتات مثل الشنار ، الى وجود أشعة منخفضة الارتفاع ، عريضة نسبيا ، تحيط بها الألياف . أما الأخشاب ذات الألياف المترابكة المتماسكة ، والبناء غير المنتظم ، فليس من اليسير تشكيلها للأغراض الصناعية . وفى جميع الأحوال والصفات يكون لنسبة الماء للوجود أهمية كبيرة .

تشرب المواد الحافظة :

تعتمد سرعة تشرب الخشب للمواد الحافظة كالكريزوت ، على تركيب الخشب وبنائه . فالمسالك المفتوحة كالأوعية وقنوات الراتنج ، مجار يتسرب فيها السائل الحافظ . ولكن حفظ المناطق المحيطة بهذه المسالك وحدها قليل الفائدة . والتسرب خلال الجدران الفليظة بطيء أما التسرب السريع يكون عبر النقر المزدوجة اذ ينتقل السائل من فراغ خلوى الى فراغ آخر ، على نحو ما ينتقل الماء فى النسيج

الحى . وانتقال السوائل عبر النقر يتم ولا شك خلال الأجزاء الرقيقة الجانبية من أغشية النقر وللنقر المضفوفة في هذا الصدد أهمية خاصة فعندما يمتس الخشب الرخو الحى فى سائل حافظ تحت ضغط ، أى يتعرض لضغط من جميع الجهات ، فإن تشرب الخشب للمادة الحافظة يكاد أن يكون معدوما . أما اذا استعمل الحافظ عند أحد أطراف كتلة الخشب تحت ضغط فإن التسرب يصبح سريعا ، فإذا زاد الضغط قل التشرب . ويبدو أن هذا التوقف يرجع الى غلق النقر المزدوجة بتحريك التخت الى ناحية واحدة (أشكال ٢٢ ج ، ٢٥ ج) والخشب الأخضر قليل التشرب للمواد الحافظة . وفى بعض الأحوال يعامل مثل هذا الخشب بالمواد الحافظة تحت ضغط ولكن السائل الحافظ لا يدخل الى الخشب الا بعد خروج الماء الموجود فى الخشب الأخضر فى الأحوال الخاصة ، أى بعد تجفيفه ومن الناحية العملية لا يعالج بالمواد الحافظة الا الخشب المجفف . على أن الأسباب التركيبية التى تيسر تشرب الخشب المجفف للمواد الحافظة غير معروفة على وجه التحديد . وقد كان الاعتقاد أن ذلك يرجع الى تشقق جدران الخلايا تشققا مجهريا دقيقا ، مما ييسر انتقال السوائل من فراغ خلوى الى فراغ مجاور . ولكن ثبت أن مثل هذه التشققات لا تحدث فى كل الأحوال ، وهى عندما تتكون لا تمتد عبر الجدار كله (شكل ٢٧ ك) بل ان أغشية النقر تتمزق نتيجة للتجفيف الا نادرا ومن الجائز أن يرجع هذا التغير الى تغيرات حالة الشد والتوتر السطحى وحالة التوصل الشعرى ، وحالة مرور السوائل عبر فتحات أو ثقوب دقيقة تكون فى أغشية النقر المزدوجة وعلى الرغم من اتساع الأوعية ووفرة النقر فى الخشب المبكر عنها فى الخشب المتأخر ، فإن تسرب المواد الحافظة أيسر فى هذا الخشب المتأخر سواء كان أخضر أو جافا . ويرجع ذلك ولا شك الى أن الأغشية العالقة فى النقر المزدوجة أقل قدرة على الحركة والغلق وعلى العموم يكون الخشب الرخو أيسر تشربا للمواد الحافظة من الخشب الصمىمى ويرجع ذلك الى التخت الذى يتخذ فى النقرة المزدوجة المضفوفة فى الخشب الصمىمى وضعا جانبيا غالقا ثم تنسد فجوات النقر فى أغلب الأحوال بمواد صمغية أو راتنجية وربما انسدت فراغات الأوعية ذاتها بهذه المواد أو بالتيلوز .

تعرق الخشب :

يعتمد مظهر الخشب المصنع أى تعرقه على التباين فى حجوم الخلايا وأشكالها وانتظامها ونسبة الأنواع المختلفة من الخلايا الداخلة فى بنائه . ومن الكلمات الشائعة فى وصف تعرق الخشب : تعرق عريض ، تعرق دقيق ، تعرق عرضى . أما التعرق الحزوني فيرجع الى انتظام خلايا النظام الرأسى فى صفوف متوازية ولكنها جميعا تلتف على نحو حلزوني حول جذع الشجرة . ومن المظاهر البارزة فى التعرق الصفات الرئيسية فى بناء الخشب مثل الحلقات السنوية وأشعة الخشب . ولتبادل طبقات الخلايا الكبيره وطبقات الخلايا الدقيقة فى الخشب المبكر والخشب المتأخر أثر واضح على تعرق أصناف عديدة من الخشب مثل أنواع الصنوبر الصلب وأنواع المران . وعندما يمر القطاع طويلا فى الأشعة ، على نحو ما يمر القطاع الطولى القطرى فى العضو أو القطاع الطولى المائل ، فان هذه الأشعة تظهر بوضوح زائد فى الخشب نظرا لبنائها الكثيف ولأنها تتأثر بالأصباغ والملمعات والأشعة الكبيرة فى البلوط تجعل للخشب تعرقا فضيا مما يجعل له قيمة خاصة فى صناعة الأثاث . أما التعرق الجعد فينتج عن مسالك متساوجة للخلايا مما قد يكون فى بعض الأشجار أو فى بعض أجزاء منها وهو شائع فى التامول والكستناء والاسفندان واللوز وغيرها . أما تعرق عيون الطير فيرجع الى وجود كثير من البراعم الساكنة تبقى فى الخشب كاسطوانات صغيرة ضعيفة التكون اذ يكون أغلب بناء أسطواناتها الوسطى من خلايا برنشيمية . وتبدو هذه الأسطوانات الوسطى كعيون فى القطاع المماسى ، بينما الألياف وغيرها من خلايا الجهاز الرأسى تتفسح حولها كما تكون حول قاعدة الفروع .

خشب الانضغاط :

يوجد فى كثير من الصنوبريات ، مثل شبه التوية ، والصنوبر والأروكاويا ، صنف من الخشب لونه أذكى من الخشب الرخو ، حتى ليكون محمرا فى أغلب الأحوال ، وقريب الشبه بالخشب الصمى . يكون هذا الخشب تحت الفروع وفى الجانب الأسفل من الأشجار غير قائمة ، ويسمى الخشب الأحمر أو خشب الانضغاط ترجع هذه التسمية الى لونه أو الى موقعه فى الجذع حيث يتعرض للضغط على ما يبدو . ومن صفات هذا الخشب أنه أكثر كثافة وأقل قوة من الخشب العادى ، وهذا يتقلص طويلا بالتجفيف أكثر مما يتقلص الخشب العادى .

أما من الناحية التشريحية فهو لا يكاد يختلف الا قليلا عن الحشْب العادى ،
فخلابه أكثر قليلا وجدرانه أغلظ وتبدو قصباته فى القطاع العرضى مدورة ذات
مسافات بينية . والظاهر أن خشب الانضغاط ، يشكون نتيجة للتأثر بظاهرة
الجذب الأرضى ، وليس نتيجة للتأثر بالضغط أثناء النمو .

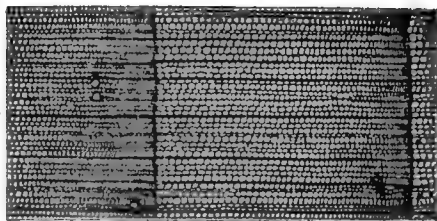
الرقط النخاعية الشعاعية :

ينتج عما يصيب الكمبيوم من تمزق ، أثر هجوم أنواع من الحشرات تسمى
حفارات الكمبيوم ، أن تتكون رقع من أنسجة الجروح فى الحشْب الناضج ،
وتبدو هذه الأنسجة فى القطاع العرضى كرقع صغيرة من الخلايا البرنشيمية
غليظة الجدران ، متناثرة فى غير انتظام فى نسيج الحشْب . وهى تشبه أشعة الحشْب
أو الأشعة النخاعية فى أنها تتكون من خلايا برنشيمية ولذلك تسمى الرقط
النخاعية الشعاعية أو البقع النخاعية . ولكن الواقع أن لا صلة لها بالنخاع
أو بالأشعة وهى شائعة فى أخشاب الورد والصفصاف والاسفندان والتامول
وغيرها . وتتبع الحشرات التى تسبب هذه الحالة أنواعا عديدة ولكن أغلبها من
فصيلة ثنائية الأجنحة (دبتر) . تشق اليرقات طريقها فى الجذع مكونة مسالك
تصل الى الكمبيوم أو الى الحشْب غير الناضج . ولا تلبث الفجوة التى أحدثتها
اليرقة أن تمتلئ بما ينمو فيها من الخلايا المحيطة . أما اذا أصاب الكمبيوم تمزق ،
فسرعان ما يستعاض عنه ، ثم لا يلبث أن يستأنف النمو الطبيعى فتدفن آثار من
الجروح فى أنسجة الحشْب النامى . ولمثل هذه الجروح أثر هين على الشجرة ذاتها
ولكنها قد تقلل من قيمتها التجارية كما يحدث فى الاسفندان واللوز ومن الأخطاء
الدارجة اعتبار هذه الرقط من الظواهر الطبيعية فى بناء الحشْب .

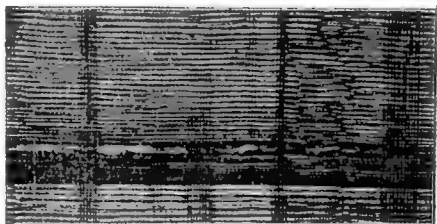
التصمغ :

التصمغ من الظواهر المرضية الشائعة التى تستحق أن نذكرها هنا . يتكون
التصمغ نتيجة لأنواع متعددة من الجروح التى تتعرض بها الأنسجة لبعض
التجفيف فتتحول جدران الخلايا المحيطة بمنطقة الجرح الى مادة صمغية . يبدو
أن هذا التحول ، ينتج بتأثير ازيم يؤثر أولا على الصفيحة الوسطى ، ثم لا يلبث

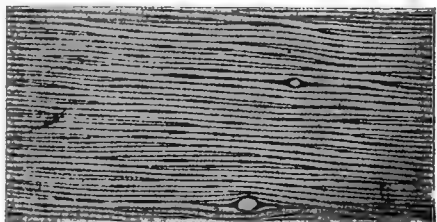
أن يذيب الجدار كله . وقد يكون أثر هذا التصمغ محدودا ، أو قد يتسع حتى يتحول النسيج الى كتلة من الصمغ . وربما يملأ الصمغ فراغات الخلايا ، التي تأثرت بالجرح ، بأن يتسرب اليها خلال النقر ، وقد يطفح خارجا من النسيج . والتصمغ شائع في النباتات الخشبية ، وخاصة بعد هجوم الحشرات وغيرها . وهو واضح على الخصوص في بعض النباتات ، كالكرز والخوخ ، وأنواع السيل ، والسنتط ، وغيرها وربما تكون التصمغ في كثير من النباتات نتيجة لجروح أو أثر مرضى وقد يكون له أثر في حماية ما دونه من الأنسجة .



۱

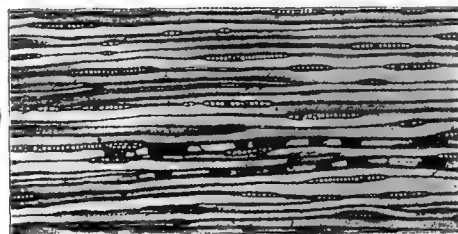
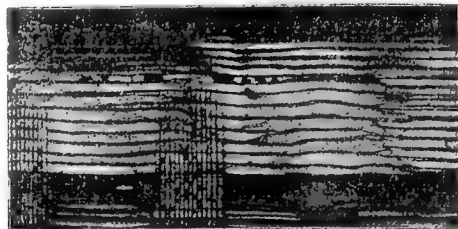
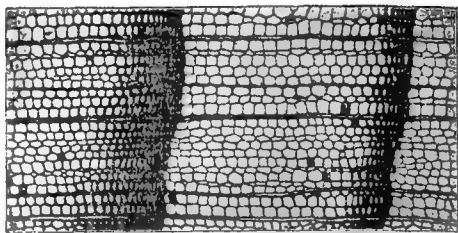


۲
(شکل ۱۸)



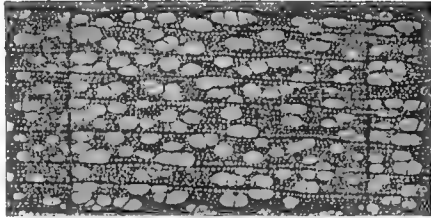
۳

المغيب الناري في نوع من البسيا۱ - سطح مرس۱ ب - سطح طولي طوري ج - طولي مسطح (۱۵۰)

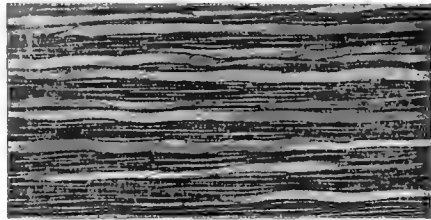


القصبة النخاعية في نوع من السكوبيا ١ - قطاع مرئي، ب - قطاع طولي قطري، ج - طولي مسامي (٥٠ x)

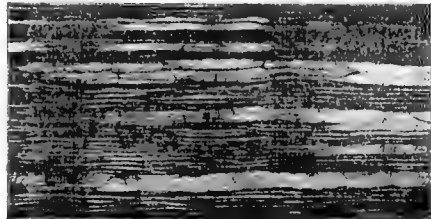
(شكل ١٩)



1

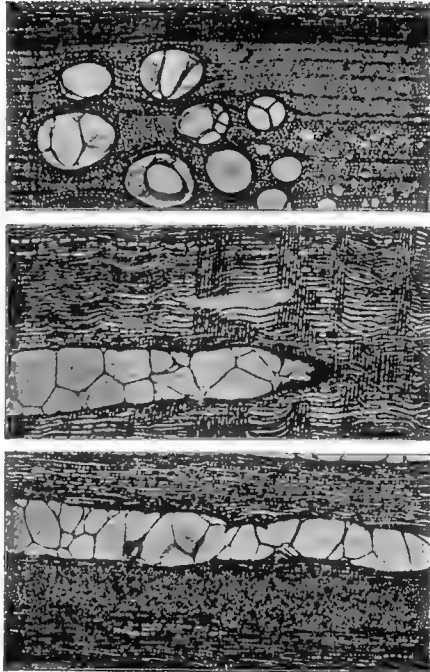


2

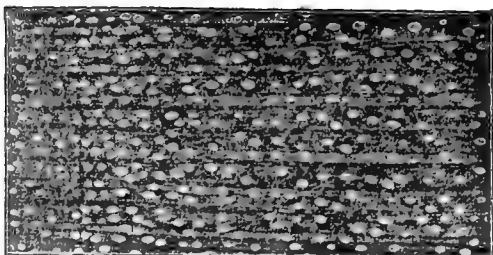


3

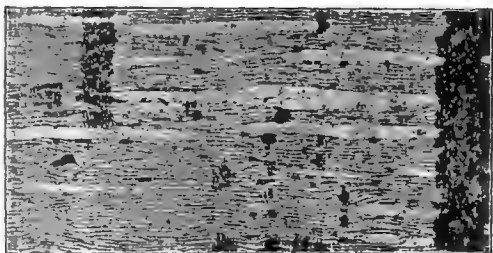
(مكبر ١٠٠)
 ١ - قطاع عرضي - ٢ - قطاع عرضي مائل - ٣ - قطاع عرضي عمودي (٥٠٠)
 انظر الى التدرج في نوع من البنية



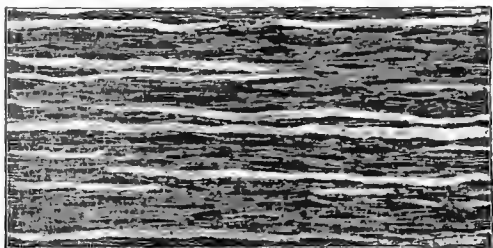
(ج) - مقطع طولى من البزير ١ - مقطع عرضى ٢ - مقطع طولى لتلى ٣ - مقطع طولى مساسى (٥٠)
(ب) (ج) (١٠٠)



۱

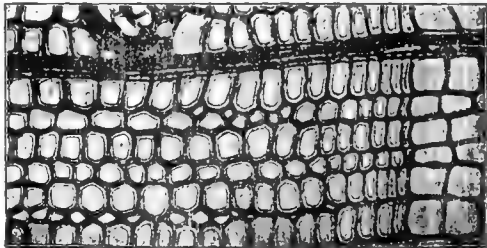
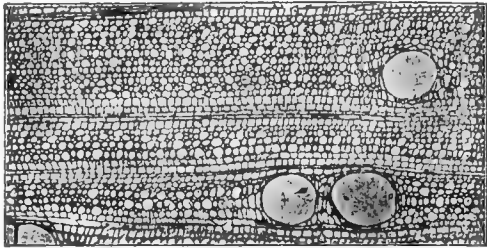
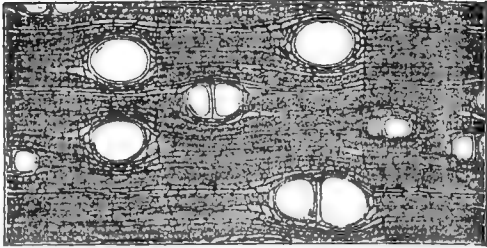


۲



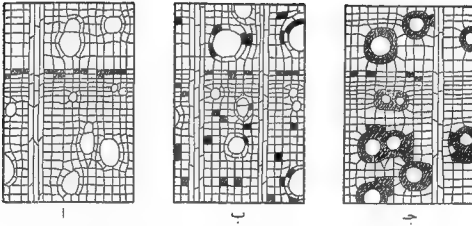
۳

۱ - قطع عرضی ، ۲ - قطع طولی ، ۳ - قطع عرضی (۵۰×)
 اکتسب انسانی لی افنتج



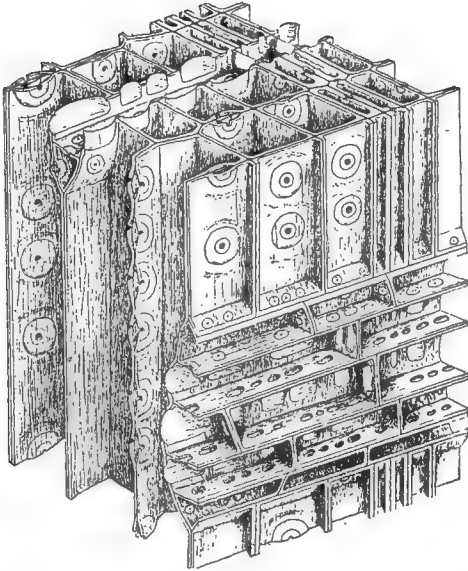
أغشية التانوري في (أ) أنسجة المريضي أ - غشيب الأبروسي التانيل (٥٠ ×) ب - غشيب البيلة الحليف (٥٠ ×) ج - غشيب من نوع البيا (٥٠ ×)

(شكل ١٠٢)



(شكل ١٠٤)

رسم تخطيطي يبين توزيع برنشيمة الخشب (الخلايا البرنشيمة مظلة) أ - برنشيمة طرفية ،
ب - برنشيمة منتشرة ، ج - برنشيمة حول ومائية



(شكل ١٠٥)

الحشب الثانوى فى نوع من الصنوبر . يبين الرسم تفصيل البناء . الحجم النسبى للاسمة مبالغ فيه
تظهر فى الرسم اجزاء صغيرة من التقسيمات . لا تظهر فى الرسم محتويات خلايا الاسمة الحية



ا

ب

(شكل ١٠٦)

- التيلوز ١٠ - وحدتا تيلوز نشاتا من نقر خلية شمعية واحدة (في نوع من الكستناء : x ٦٨٠) .
 ب - وحدتا تيلوز صغيرة في ومام من خشب نوع من البلوط

المراجع REFERENCES

(Further references for Xylem under Chap. IV)

- AUCHTER, E. C. : Is there normally a cross-transfer of foods, water, and mineral nutrients in woody plants ? , *Univ. Md. Agr. Exp. Sta. Bull.*, 257, 1923.
- BAILEY, I. W. : The effect of the structure of wood upon its permeability. No. 1 The tracheids of coniferous timbers, *Amer. Ry. Eng. Assoc. Bull.*, 174, 1-17, 1915.
- : The structure of the bordered pits of conifers and its bearing on the tension hypothesis of the ascent of sap in plants, *Bot. Gaz.*, 62, 133-142, 1916.
- : The structure of the pit membranes in the tracheids of conifers, and its relation to the penetration of gases, liquids, and finely divided solids into green and seasoned wood, *For. Quart.*, 11, 12-20, 1913.
- BARGHOORN, E. S., JR. : The ontogenetic development and phylogenetic specialization of rays in the xylem of dicotyledons. I. The primitive ray structure, *Amer. jour. Bot.*, 27, 918-928, 1940. II. Modification of the multiseriate and uniseriate rays, *Ibid.*, 28, 273-281, 1941.
- : Origin and development of the uniseriate ray in the Coniferae, *Bull. Torrey Bot. Club*, 67, 303-328, 1940.
- BROWN, H. P. : Pith-ray flecks in wood, *U. S. Dept. Agr. For. Serv. Circ.*, 215, 1913.
- : and A. J. PANSBEN : " Commercial Timbers of the United States ", New York, 1940.
- CIESLAR, A. : Das Rotholz der Fichte, *Centralbl. Ges. Förstwesen*, 22, 149-165, 1896.
- GERRY, E. : Fiber measurement studies : length variations, where they occur and their relation to the strength and uses of wood, *Science*, new ser., 41, 179, 1915.
- : Microscopic structure of wood in relation to properties and uses, *Proc. Soc. Amer. For.*, 8, 159-174, 1913.
- : Tyloses : their occurrence and practical significance in some American woods, *Jour. Agr. Res.*, 1, 445-469, 1914.

- HIGGINS, B. B. : Gum formation with special reference to cankers and decays of woody plants, *Ga. Exp. Sta. Bull.*, **127**, 1919.
- HYDE, K. J. C. : L. Tropical light-weight woods, *Bot. Gaz.*, **79**, 380-411, 1925.
- JEFFREY, E. C. : "The Anatomy of Woody Plants", Chicago, 1917.
- KANEHIRA R. : Anatomical characters and identification of Formosan woods with critical remarks from the climatic point of view, Taihoku, 1921.
- : On light-weight woods, *Jour. Soc. For. Japan*, **15**, 601-615, 1933. (Abstract in *Trop. Woods*, **37**, 52-53, 1934.)
- KLEIN, G. : Zur Atiologie der Thyllen, *Zeitschr. Bot.*, **15**, 417-439, 1923.
- KOEHLER, A. : "The Properties and Uses of Wood", New York, 1924.
- KRIBS, D. A. : Salient lines of structural specialization in the wood rays of the dicotyledons, *Bot. Gaz.*, **96**, 547-557, 1935.
- KÜENS, R. : Die Verdoppelung des Jahresringes durch künstliche Entlaubung, *Bibl. Bot.*, **70**, 1-53, 1910.
- KÜSTER, E. : Secundäres Dickenwachstum : Holz und Rinde, in Linsbauer, K. : "Handbuch der Pflanzenanatomie", IX, 1939.
- MÜLLER, C. : Ueber die Balken in den Holzelementen der Coniferen *Ber. Deut. Bot. Ges.*, **8** (sup.), 17-46, 1890.
- PENHALLOW, D. P. : Anatomy of North American Coniferales together with certain exotic species of Japan and Australasia, *Am. Nat.*, **38**, 243-273, 331-359, 523-554, 691-723, 1904.
- PILLOW, M. Y., and R. F. LUXFORD : Structure, occurrence, and properties of compression wood, *U.S.D.A. Tech. Bull.*, **546**, 1937.
- RECORD, S. J. : "Identification of the Timbers of Temperate North America," New York, 1934.
- and C. D. MELL : "Timbers of Tropical America", New Haven, 1924.
- and R. W. HESS : "Timbers of the New World," New Haven, 1943.
- ROBINSON, J. : The microscopic features of mechanical strains in timber and the bearing of these on the structure of the cell wall in plants, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, **210 B**, 49-82, 1920.
- SIFTON, H. B. : The bar of Sanio and primordial pit in the gymnosperms, *Trans. Roy. Soc. Can. Sect.*, **V**, **16**, 83-99, 1922.

الفصل الثامن

اللحاء الثانوى

تناولنا بالدراسة فى الفصل السابق ، تلك الأنسجة الثانوية ، التى يكونها الكميوم تجاه الجزء الداخلى من العمود الوعائى ، وتعرف بالخشب الثانوى . ويختص هذا الفصل بدراسة أنسجة مناظرة ، تتكون تجاه الجزء الخارجى من العمود الوعائى وهى اللحاء الثانوى . وقد استعمل بعض المؤلفين المصطلحين « القلب الداخلى » و « اللحاء » للدلالة على هذه الأنسجة ، غير أن هذين المصطلحين ليسا مميزين بدرجة تكفى لأن يصبح استعمالهما الفنى قيما . وقد سبق أن ذكرنا فى الفصل الرابع المصطلحات المستخدمة فى وصف تركيب اللحاء ، وسنكرر هنا بعض تلك المصطلحات وهذا الوصف بغية استكمال الدراسة .

اتساع اللحاء الثانوى وكميته : يتوقف اتساع اللحاء الثانوى على نوع النبات وعلى عمر الجزء النباتى موضوع الدراسة . ويرتبط توزيع اللحاء الثانوى دون شك ، بتوزيع الكميوم . وعلى ذلك فإن هذا النسيج بأكمله قد يكون طبقة فوق كل أجزاء محور النبات فيما عدا المناطق القيمة ، وقد يمتد للخارج فى مسيرات الأوراق داخل العروق الكبيرة للورقة . وفى السوق العشبية ، وبخاصة تلك التى يكون فيها النسيج الوعائى مختزلا والعمود الوعائى مجزأ ، قد يكون اللحاء الثانوى أشرطة أو شرائح من النسيج تظهر — كما ترى فى القطاعات العرضية للعمود الوعائى — كمجموعات منفصلة من الخلايا بين الكميوم والبريسكيل (شكل ١١١ أ ، ب) . ويكون اللحاء فى تلك النباتات رقيقا فى الاتجاه القطرى ، ومن ثم فإن كميته الكلية تكون صغيرة وعلى النقيض من ذلك ، قد تكون الطبقة الغليظة الموجودة خارج الكميوم فى النبات الخشبي المتقدم فى العمر عبارة عن لحاء ، حى وميت ، محتلت بكميات متفاوتة من البريديرم . وبين الحالتين المتطرفتين ، توجد جميع الحالات الوسطية . وتكون كمية اللحاء الثانوى فى العادة أقل من كمية الخشب الثانوى ، من حيث الحيز المشغول بالنسيج وعدد الخلايا المتكونة . ويكون هذا الفرق فى الكمية بالغ الوضوح فى النباتات

الحشيشية ، لالتعرض للحاء القديم للسحق فحسب ، ولكن أيضا لسقوط الطبقات الخارجية غير الحية من اللحاء ، نتيجة التقلبات الجوية أو بالانفصال .

أهمية اللحاء الثانوى : أن الأهمية الخاصة للحاء الثانوى هى أنه ، فى معظم ذوات الفلقتين وعاريات البذور ، يحل سريعا محل اللحاء الابتدائى ، الذى ينسحق ويصبح غير قادر على تأدية وظيفته . ويحدث ذلك بوجه خاص فى النباتات الحشيشية التى يبدأ النمو الثانوى فيها بالقرب من القمة النامية ويؤدى مباشرة الى سحق نسيج اللحاء الابتدائى الرقيق . وفى الحقيقة ، يكون بقاء الخلايا الموصلة فى اللحاء الابتدائى كنسيج قائم بالوظيفة قصير الأمد لدرجة أنه يصعب فى تلك النباتات دراستها . وهى تبدو فى القطاعات العرضية للفروع الحديثة كخطوط غير واضحة من الجدر الرقيقة ومادتها ، وقد سحقت بحيث لم تعد تحتفظ بشكل خلاياها الأصلية وتركيبها . وفى بعض النباتات العشبية من ذوات الفلقتين ، يكون اندثار اللحاء الابتدائى غير تام أو لا يحدث اندثار كما فى نبات البطاطس . وفى ذوات الفلقة الواحدة التى تحتوى على تفلظ ثانوى ، تبقى الأنسجة الابتدائية كاملة . ويمكن القول بوجه عام ، أنه فى النباتات التى يحدث فيها تفلظ ثانوى ، يكون اللحاء الثانوى هو اللحاء الوحيد المهم من الناحية الفسيولوجية ، لأية مدة طويلة من الوقت . ويمد تكوين هذا النسيج من الكبيوم بصورة مستمرة من المظاهر الضرورية ، إذ أن اللحاء الثانوى نفسه يعمل كنسيج فسيولوجى لفترة قصيرة .

تركيب اللحاء الثانوى : اللحاء الثانوى فى جلته نسيج معقد ، يتكون من عدد من الطرز الخلوية جميعها ذات أصل عام واحد فى الكبيوم . وهو لا يختلف اختلافا جوهريا عن اللحاء الابتدائى ، إذ يحتوى النسيجان على نفس أنواع الخلايا . واللحاء الثانوى ، بمقارنته باللحاء الابتدائى لنفس النوع ، تكون خلاياه مرتبة فى صفوف قطرية بصورة أكثر انتظاما فى العادة ، ويحتوى نسبة أعلى من الأنابيب الغربالية ، التى تكون أكبر حجما وجدرها أكثر تفلظا ، وتكون عناصره الغربالية وأليافه أقصر طولاً ، وحياته الوظيفية أطول . والعناصر التى توجد عادة فى اللحاء الثانوى هى الخلايا أو الأنابيب الغربالية ، والخلايا المرافقة التى ترافق الأنابيب الغربالية فى كاسيات البذور ، وطرز أو أكثر من الخلايا البرنشيمية وخلايا الأشعة الحاشية . ويوجد أيضا فى أكثر الأحيان بعض طرز الخلايا

الاسكلرنشمية ، كما توجد الخلايا الافرازية ، والأنايب اللبية ، والقنوات انزاجية بصورة أقل شيوعا . ويتفاوت ترتيب الأنواع المختلفة من الخلايا ونسبتها تفاوتاً كبيراً في الأنواع المختلفة من النباتات .

الخلايا الغربالية والأنايب الغربالية : الخلايا والأنايب الغربالية هي العناصر المميزة في كل اللحاء الثانوي من حيث التركيب والوظيفة . والخلايا الغربالية هي من خصائص عاريات البذور . وهي خلايا منفصلة متميزة تشبه القصبيات من هذه الناحية . أما الأنايب الغربالية فتتميز بها كاسيات البذور . وهي عبارة عن صفوف من عناصر الأنايب الغربالية متصلة أطرافها بعضها ببعض ، وتحتوي على أعلى أنواع المساحات الغربالية تخصصاً . والأنايب الغربالية في اللحاء الثانوي لذوات الفلقتين ذات أنواع كثرة متباينة من حيث شكل الجدر الطرفية ولبيعتها . ففي كثير من أنواع النباتات الخشبية ، مثل أحد أنواع جنس الكاريا^(١) (شكل ١٠٩ ب) ، تمتد الجدر الطرفية المائلة لعناصر الأنايب الغربالية الى مايقرب من نصف طول العنصر في أكثر الأحيان . وتحتوي هذه الجدر المائلة على كثير من المساحات الغربالية المتخصصة التي تكون مع بعضها صفائح غربالية مركبة . ويكاد يكون هذا النوع من الصفائح الغربالية مقصوراً على الجدر القطرية ومن ثم يربط بين الخلايا التي توجد في نفس المرحلة الوظيفية . أما النوع المتطرف الآخر فهو ذلك الذي يوجد في جنس روبينيا (شكل ١٠٩ ج) وجنس مكلورا^(٢) وبعض أنواع جنس النشم (شكل ١١٠ ج) ، وفيه تكون الجدر الطرفية لعناصر الأنايب الغربالية مستعرضة . وتوجد في هذه الحالة مساحة غربالية واحدة متخصصة هي التي تعرف بالصفيحة الغربالية البسيطة . وبين هذين النوعين المتطرفين توجد كل الأشكال الانتقالية . ولايسود نوع من هذه الأنواع في كاسيات البذور الخشبية ، بل أنه في الأنواع الوثيقة الصلة — كأنواع جنس المران — قد توجد أنواع واضحة التباين . وفي غالبية أنواع النباتات العشبية تحتوي عناصر الأنايب الغربالية في اللحاء الثانوي ، على صفائح غربالية بسيطة (شكل ١١١ ج) ، وحيث توجد صفائح غربالية مركبة ، فانها لا تكون من ذلك النوع المتطرف الموجود في الفصيلة الجوزية^(٣) . والأنايب الغربالية في البادرات ، وفي

Maclura (٢)

Caria cordiformis (١)

Juglandaceae (٣)

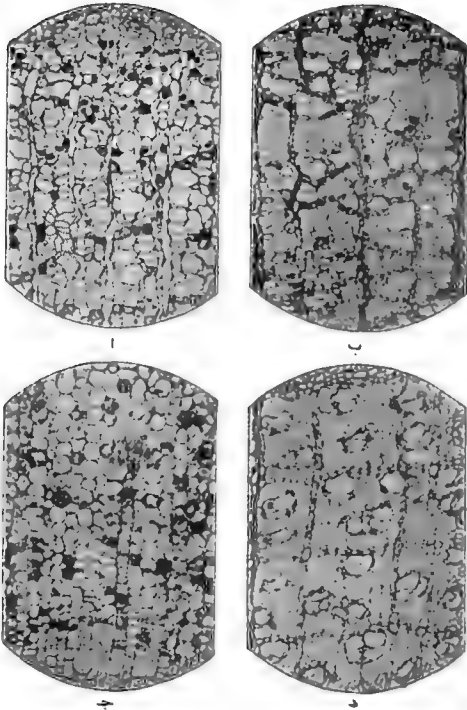
اللحاء المتكون في السنوات القليلة الاولى ، في الفروع الخشبية ، تكون صغيرة الحجم نسبيا ، وتحتوى على صفائح غربالية مركبة قليلة . والصفائح الغربالية في نوع ما من النباتات ، ثابتة النوع عادة في الأنسجة التي في نفس العمر .

وتتفاوت نسبة وترتيب الخلايا والأنابيب الغربالية ، في اللحاء الثانوى ، تفاوتا كبيرا في الأنواع المختلفة . ففي عاريات البذور ، تكون الخلايا الغربالية الجزء الأكبر من اللحاء ، وتوجد الخلايا البرنشيمية والاسكلرنشيمية بكميات صغيرة . وعلى النقيض من ذلك ، توجد في معظم النباتات العشبية ، وفي البادرات ، وفي الفروع الحديثة للنباتات الخشبية ، واللحاء الثانوى البسائط لبعض النباتات الخشبية - كأحد أنواع كل من جنس كاريا (شكل ١٠٧ د) ودركا ^(١) - نسبة من الأنابيب الغربالية ، قد تقل بكثير عن نسبة الأنواع الأخرى من الخلايا . وتباين الأنابيب الغربالية تباينا كبيرا في ترتيبها بالنسبة لأنواع الخلايا الأخرى في اللحاء الثانوى . ففي بعض النباتات ، مثل أجناس ليرودندرون (شكل ١٠٨ أ) والجوزو والزيفون ، توجد الأنابيب الغربالية في صفوف أو أشرطة محددة تقريبا ، وفي بعضها الآخر ، كجنس كاريا (شكل ١٠٧ د) ، توجد على هيئة مجموعات منفصلة من ثلاث أنابيب أو أربع ، محاطة بألياف أو أنواع أخرى من الخلايا . وفي جنس سيف لاثس ^(٢) (شكل ١٠٧ ج) تبدو الأنابيب الغربالية ، في القطاعات العرضية للحاء ، مرتبة في صفوف قطرية تقطعها في أكثر الأحيان ألياف ، وتلك حالة ليست غير شائعة في الشجيرات القريبة من النوع العشبي . وفي الحقيقة لا يوجد في النباتات الخشبية ترتيب معين ، بين الأنابيب أو الخلايا الغربالية ، وبين البرنشيمية والاسكلرنشيمية ، فقد يتخذ هذا الترتيب أية صورة تقريبا . وفي اللحاء الثانوى للنباتات العشبية بوجه عام ، لا يكون للأنابيب الغربالية ترتيب منتظم (شكل ١١١ أ ، ب) ، هذا على الرغم من أنه قد يوجد في بعض المجموعات النباتية ، كرتبة الشقيقات ، نظام محدد .

وكثيرا ما تغطي الجدر الجانبية لعناصر الأنابيب الغربالية التي تلاصق أنابيب غربالية أخرى في اللحاء الثانوى ، بقع شبكية واضحة (شكل ٥٢ ح ، ق) . وتوجد هذه التراكيب بكثرة في بعض النباتات الخشبية ، كجنس المس

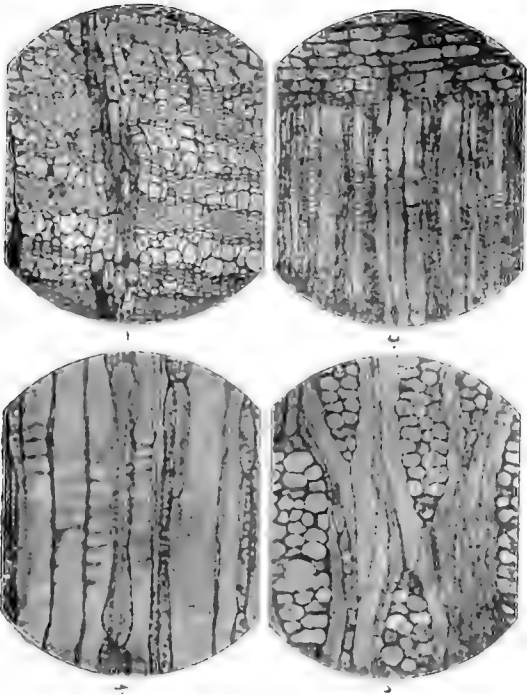
Dirca Palustris (١)

Cephalanthus (٢)



(شكل ١٠٧)

اللحاء الثانوي في القطاع العرضي ١ - أحد أنواع جنس البخور ، ب - نبات الجوز الأسود ، ج - أحد
أنواع جنس سبغا لانس ، د - أحد أنواع جنس كلربيا . الجميع × ١٠٠ (من ملك دانييل)

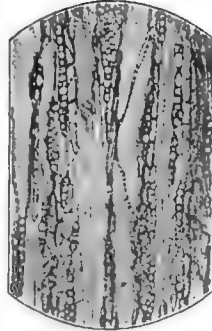


(شكل ١٠٨)

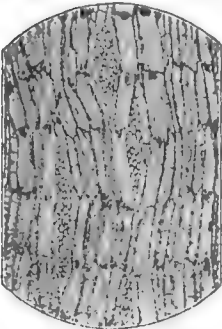
اللحم الثاني لجنس ليرودندرون ١٠ - قطاع عرضي $\times 100$ ، ب - قطاع قطري $\times 200$ ، د - قطاع
مماسي $\times 100$ (من ماله داتيلر)



١



٢



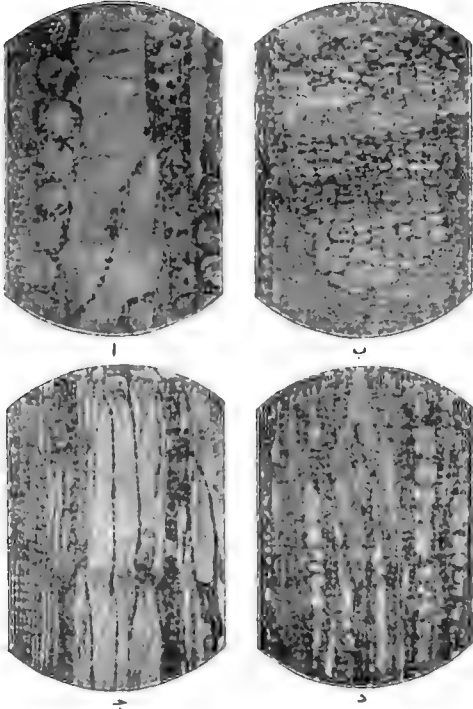
٣



٤

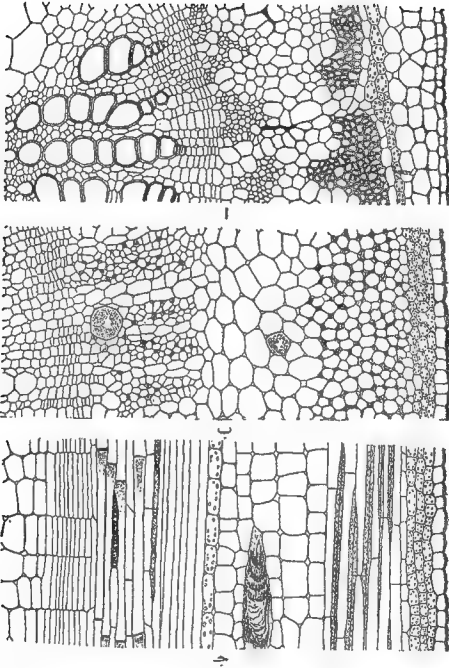
(شكل ١٠٩)

المقطع الناقص في القطاع المماس ١٠ - أحد أنواع جنس الصنوبر ، ب ٢٥٠ ، أحد أنواع جنس
كلوبيا ، ب ١٠٠ ، ج ، أحد أنواع جنس روبينيا ، ب ١٠٠ ، د ، نبات الصفصاف الاسود ، ب ١٠٠



(شكل ١١٠)

١ - قلعة شكلية في سطح مسطح ، وصفيحة قرمزية في نطاق ، كما يبدو في حسن المحور ، = ٥٠ مم ،
 نطاق حرمي في منطقة التمسك في حسن روبيها ، التمسك في حالة كمون ، ويوضح النطاق حالة
 الانطباق في كل الانابيب القرابية البالغة ١٠٠ ، ج ، قطاع قطري في كمبيوم ولحام جنس النشم ،
 في حالة كمون ، ويوجد التمسك الى اليسار في النطاق ، والانابيب القرابية ذات الجبلو الطولية
 الرقمية والسدادات المخاطية في الوسط ، ١٠٠ ، د ، برنشيمة اللحام في جنس القرونوس ،
 توضح النقر التي تشبه الصفائح القرابية ، ٥٠



(شكل ١١١)

اللحاء الثانوى فى السوق المشبية ، ا ، جنس البازلاء ، وقطاع عرضى يوضح اللحاء الابتدائى مسحوقا ، ب ، ج ، نبات البامية - ب ، قطاع عرضى يوضح الخلايا المرافقة (بمحتوياتها البروتوبلازمية) ج ، قطاع قطرى يوضح الانابيب الغربالية ذات الجدر الطرفية المرصية ، ويقترن بكل أنبوبة غربالية عدة خلايا مرافقة . (هذا الشكل تقصلا من ا - ف ، ا . اوتشويبار)

والحور^(١) (شكل ١١٠ أ) ، ولكنها قد تكون نادرة أو غير موجودة إطلاقاً في غيرهما من الأجناس . ولا يرتبط وجود البقع الشبكية الواضحة بنوع الأنبوبة الغربالية ، التي تتنوع على أساس زاوية الجدار الطرفي ، فقد توجد البقع الشبكية في أى نوع منها . ولا تحتوى الأنابيب الغربالية في اللحاء الثانوى للنباتات العشبية عادة على بقع شبكية ظاهرة .

الخلايا المرافقة: الخلايا المرافقة (شكل ٥٢ ح ، ط ، ق ، ر) غير موجودة في عاريات البذور ، إلا أنها موجودة بوفرة أو بقلة في جميع أنواع كاسيات البذور . وهى في بعض النباتات ، مثل جنسى الحور والسولانم^(٢) ، ترافق جزءاً من الأنابيب الغربالية فقط ، وفي نباتات أخرى ، كجنس الزيزفون مثلاً ، تشاهد في القطاع العرضى من خلية الى ثلاث خلايا مرافقة ، مع كل أنبوبة غربالية . وقد تمتد خلية مرافقة واحدة على طول عنصر الأنبوبة الغربالية الملاصقة لها ، أو يكون هذا الامتداد مقصوراً على جزء من طولها فقط ، أو تمتد عدد من خلايا أقصر طولاً بجوار عنصر الأنبوبة الغربالية ، ويكون امتدادها أيضاً شاملاً لطول العنصر كله أو لجزء منه فقط (شكل ١١١ ج) . وعليه ، فكما يرى في القطاع العرضى قد لا يكون للأنبوبة الغربالية أية خلية مرافقة ، أو يرافقها من خلية واحدة الى عدد من الخلايا ، كل واحدة منها قد تكون بدورها عضواً في صف رأسى من الخلايا المرافقة . ويمكن عادة تمييز الخلايا المرافقة بسهولة في القطاعات العرضية اللحاء ، نظراً لما تبدو به كخلايا صغيرة مثلثة الشكل أو مستديرة ، توجد عند أركان الأنابيب الغربالية (شكل ١٠٧ أ) ، وهذان النوعان من الخلايا يحددان معا الخلية الوالدة اللذين نشأ منها . وقد تمتد الخلايا المرافقة في بعض النباتات كخلايا ضيقة حول عرض الأنبوبة الغربالية بأكمله . وفي اللحاء الثانوى للنباتات العشبية ، حيث الأسطوانة الوعائية جيدة التكوين ، كما في جنسى لوبيلية^(٣) . وسولانم ، يكون من الصعب تمييز الخلايا المرافقة نظراً لصغر حجم عناصر اللحاء كلها في هذا الطراز من النباتات . أما في النباتات التى تكون أسطواناتها الوعائية أقل تميزاً في تكوينها ، كجنسى القرع^(٤) والشقيق ، فإن الخلايا المرافقة تكون بارزة ومن الكبر بحيث يمكن تمييزها بسهولة . والخلايا المرافقة ليست على درجة كبيرة من التنوع ، ويكون تباينها في الطول عادة .

Solanum (٢)

Populus (١)

Cucurbita (٤)

Lobelia (٣)

برنثيمية اللحاء : توجد الخلايا البرنثيمية في اللحاء الثانوى لكل النباتات (فيما عدا الأنواع العشبية المتطرفة حيث كمية اللحاء الثانوى صغيرة) ، وبعض الكروم ، والأنواع الخشبية لبعض الأجناس والفصائل ، التي تغلب عليها الصفة العشبية . وتتفاوت نسبة الخلايا البرنثيمية في مدى واسع . ففي عاريات البذور ، تكون الخلايا البرنثيمية قليلة نسبيا ، اذا قورنت بعدد الخلايا الغربالية ، وتلك حالة ثابتة تقريبا في كل الأنواع . أما في كاسيات البذور فالتنوع فيها كبير . فاللحاء الثانوى في البادرات والفروع الصغيرة لذوات الفلقتين الخشبية يتكون الى درجة كبيرة من الخلايا البرنثيمية ، غير أنه في الحالة الأكثر نضجا ، تكون نسبة هذه الخلايا أقل بكثير . وفي بعض النباتات ، كجنس كاريا وروبينيا ، يوجد قليل من الخلايا البرنثيمية في اللحاء الثانوى للسوق المسنة ، وفي نباتات أخرى ، كأنواع جنس قرونوس^(١) ، قد تسود البرنثيمية . وفي ذوات الفلقتين العشبية ، تكون نسبة الخلايا البرنثيمية أقل عادة — بل أقل بكثير في أغلب الأحيان — من نسبة الأنايب الغربالية والخلايا المرافقة . وفي كثير من نباتات الفصيلة المركبة ، تكون نسبة الخلايا البرنثيمية أكبر . وفي بعض الفصائل ، كالنفسيلة الشقية^(٢) ، وبعض أجناس الفصائل الأخرى ، لا توجد خلايا برنثيمية مطلقا ، ويتكون اللحاء كلية من الأنايب الغربالية والخلايا المرافقة .

ويتفاوت ترتيب الخلايا البرنثيمية في اللحاء الثانوى كما هو الحال بالنسبة للأنايب الغربالية . فكما يشاهد في القطاعات العرضية للحاء ، قد توجد البرنثيمية في أشربة مماسية متبادلة مع أشربة من الأنايب الغربالية والألياف ، وذلك كما في جنس ليربودندرون (شكل ١٠٨ أ) والزيزفون ، أو في صفوف قطرية ، كما في جنس قرونوس والبيلسان^(٣) ، أو توجد منفردة أو في مجموعات من خلايا قليلة ، كما في جنس الصنوبر ، أو متجمعة الى حد ما حول الأنايب الغربالية ، كما في جنس الكاريا (شكل ١٠٧ د) . وفي القطاع الطولى ، تشاهد الخلايا مكونة صفوفاً رأسية موازية للأنايب الغربالية (شكل ١٠٩ ج ، د) .

وطرز الخلايا المكونة لبرنثيمية اللحاء الثانوى متنوعة الى درجة كبيرة . ويمكن بسهولة دراسة هذه العناصر ، اذا أخذنا في الاعتبار تكوينها من الكمبيوم

(الفصل السادس) . ويتخلص ما سبقت الإشارة اليه في أن خلايا اللحاء البرنشيمية تتكون مباشرة من خلاياها الوالدة ، التي تتكون بدورها من الخلايا الكميومية . وقد تتحول المشتقة الكميومية مباشرة الى خلية برنشيمية ، أو - وهذا ما يحدث في أغلب الأحيان - تنقسم انقساماً عرضياً مكونة خليتين أو أكثر . وعلى ذلك ، فإن خلايا اللحاء البرنشيمية - كما ترى في المقطاع الطولي - قد تكون مستطيلة ومذبة الطرفين ، ماثلة في ذلك الخلية الكميومية التي نشأت منها ، أو تكون قاعمة الزوايا أو اسطوانية ، متدرجة من البالغة الاستطالة الى القصيرة الاسطوانية أو المكعبة تقريبا . والنوع الأول - ويطلق عليه أحيانا « خلايا كميومية الشكل » - ليس شائعا في اللحاء الثانوى للنباتات الخشبية ، ولكنه يوجد بوجه عام في اللحاء الابتدائي ، وفي الأنواع العشبية ، وبوجه خاص في الكروم كجس القرع . أما الخلايا البرنشيمية التي تتكون بالانقسام العرضي للخلية البرنشيمية الوالدة فشائعة الوجود في اللحاء الثانوى لكل أنواع النباتات والخلايا الناتجة في ختام ذلك الانقسام تبقى مذبة عند أحد طرفيها .

وفي كثير من كاسيات البذور الخشبية يوجد في أغلب الأحيان في النسيج الواحد نوعان أو أكثر من برنشيمية اللحاء تميزان في الشكل والوظيفة . ففي نبات الزيزفون الأمريكى^(١) مثلا ، يكون أحد أنواع الخلية البرنشيمية مستطيلا ، ومنقرا بغزارة ، ومرتبطا عادة بالأنايب الغربالية ، أما النوع الآخر فقصير ، وعريض ، وليس به على ما يبدو بروتوبلازم نشط ، ويحتوى عادة على بلورات كبيرة . وفي نباتات خشبية أخرى ، كجس روينيا ، تكون الخلايا البرنشيمية قصيرة وعريضة بانتظام ، وذات جدر رقيقة ، ونقر كثيرة . وبرنشيمية اللحاء الثانوى في النباتات العشبية ليست متنوعة كتنوعها في النباتات الخشبية . فمعظم خلاياها رقيقة الجدر ، مستطيلة ، وقاعمة الزوايا أو مستديرة في المقطاع العرضي (شكل ١١١ أ ، ج) .

الياف اللحاء واسكلرباناته : يعد وجود الخلايا الاسكلرنشيمية ، بأى من أنواعها ، من المظاهر المميزة للحاء الثانوى في كثير من النباتات . وتعتبر الألياف شائعة الوجود ، وهى متنوعة في الشكل والترتيب . وتوجد في أكثر الأحيان على هيئة أشوطة مماسية محددة ، كما في جنس ليريودندرون (شكل ١٠٨ أ) والجور .

وفي أجناس أخرى توجد منفردة ، كما في جنس سيفا لاثس (شكل ١٠٧ ج) .
وفي بعض النباتات الخشبية التي تحتوى على قلف صلد ، كجنس كاريا (شكل ١٠٧ د) ، تكون الألياف الجزء الأكبر من اللحاء الثانوى ، وقد تحيط بالأنسجة الرخوة . وعندما توجد الألياف بكثرة ، فانها تدعم الساق تدعما آليا كبيرا .
وتعزى صلادة الأغصان في جنس دركا ، بدرجة كبيرة ، الى الياف اللحاء .

وفي عاريات البذور ، توجد كل الحالات من الاقتدار التام للخلايا الاسكلرنشيمية ، كما في لحاء أحد أنواع جنس الصنوبر ، الى الأشرطة المماسية جيدة التكوين من الألياف ، كما في جنس العرعر^(١) ، والكتل الكبيرة من الاسكلريدات كما في جنس تسوجا^(٢) . وفي أحد أنواع جنس توية^(٣) ، تترتب الألياف في صفوف مماسية أحادية الخلية ، متبادلة مع صفوف من الخلايا الغربالية والبرنشيمية .

وتوجد الاسكلريدات كثيرا في اللحاء الثانوى ، اما منفردة أو مختلطة مع الألياف . ففي بعض النباتات ، مثل جنس الشنار^(٤) والزان^(٥) ، تكون الاسكلريدات هي النوع الوحيد من الخلايا الاسكلرنشيمية الموجودة في اللحاء . وفي اللحاء النشط ، لا توجد الاسكلريدات بغزارة كالألياف ، غير أنه عندما يفقد اللحاء قدرته على التوصيل ، تزداد الاسكلريدات غالبا في العدد بتحول الخلايا البرنشيمية . وفي لحاء النباتات الخشبية الأكبر سنا ، الحى ، وإن كان على الأرجح لا يقوم بوظيفة التوصيل ، قد توجد الاسكلريدات ، وتمثل تنوعا كبيرا في الشكل والترتيب . وسنعود لدراسة وجود الاسكلريدات في اللحاء عند تناولنا لموضوع الدثار هذا النسيج .

اشعة اللحاء : توجد الأشعة عادة في الأنسجة الوعائية المتكونة من الكمبيوم ولا تكون الأشعة الوعائية الحقيقية غير موجودة ، الا في الأنواع العشبية المختزلة وبعض الكروم المتخصصة ، مثل جنس كليماتس ، حيث الأنسجة الثانوية ضئيلة الكمية . وتنشأ الأشعة الوعائية من الكمبيوم ، وتتكون الى الداخل والى الخارج منه ، مع الخشب واللحاء الثانويين التي تكون جزءا منها . ومن ثم فإن تنوع

Tsuga (٧)

Planatus (٤)

Juniperus (١)

Thuja occidentalis (٢)

Fagus (٥)

الأشعة الوعائية الموجودة في اللحاء الثانوي ، يكون كبيرا كتتنوع الأشعة في الحشب الثانوي . وتختلف الأشعة اللحاءية في العرض والارتفاع ، كما هي الحال في الأشعة الخشبية ، كما أنها تكون نفس النسبة في النسيج . فقد يكون عرضها خلية واحدة ، كما في جنس الكستناء والصفصاف^(١) (شكل ١٠٩ د) ، أو خليتين أو ثلاث ، كما في نبات التفاح ، أو عديد الخلايا ، كما في جنس روينيا وليريو دندرون (شكل ١٠٨ د) ، أو قد توجد أشعة مختلفة العرض في النوع الواحد من النباتات . ففي البلوط يوجد طرازان من الأشعة ، أحدهما عريض جدا والآخر أحادي الصف . والأشعة اللحاءية ، في العادة ، تكون منتظمة الاتساع من أولها إلى آخرها . وقد تزداد في العرض ناحية الخارج ، وتنشأ الزيادة من تضاعف الخلايا أو زيادتها في الحجم تجاه الجزء الخارجى من الشعاع . وهذا من شأنه أن يسهم جزئيا في مواجهة الزيادة في محيط اللحاء الناتجة من الزيادة في قطر المحور . والأشعة اللحاءية التي تزداد في الحجم في طرفها القصى ، توجد بوجه خاص في فروع بعض الأجناس ، كجنس الزيزفون . والاتساع الرأسى للشعاع داخل اللحاء ، يكون على درجة من التنوع كعرضه ، فهو يتراوح من خليتين أو ثلاث ، كما في جنس ثوية ، إلى ثمانى أو عشرة سستيمترات ، كما في أشعة البلوط العريضة وتوجد أحيانا الأشعة ، التي تتكون من صف واحد من الخلايا والخلايا الخافية ، التي تختلف في الشكل والتثقيب والمحتويات عن خلايا الشعاع الأخرى ، وإن كانت برنشيمائية ، توجد في بعض النباتات ، كما في جنس الصفصاف ونسه^(٢) .

وتوفر الأشعة مرتبط جزئيا بحجمها . فالأشعة العريضة تكون متباعدة بعضها عن بعض أكثر من الأشعة الضيقة . ففي النباتات الخشبية القريبة في التركيب من النوع العشبي ، كجنس سيفالاثس مثلا ، تشاهد الأشعة في القطاع العرضى اللحاء (شكل ١٠٧ ج) منفصلة بصف واحد فقط أو بصفين من الأنابيب الغربالية أو الخلايا البرنشيمية . وباستثناء الأشعة الكبيرة ، التي توجد في بعض الفصائل ، تتميز النباتات العشبية بأشعة أحادية الصف ، يبعد بعضها عن بعض ، بمسافات قصيرة . وفي الأعشاب ذات النسيج الوعائى المختزل ، تكون الأشعة قد اختزلت في أثناء التطور الارتقائى ، وقد تختفى في بعض الأنواع .

وخلايا الشعاع اللحاءى تكون فى الجزء الأكبر منهما متناسقة النوع . ففى النباتات الخشبية يكون النوع الشائع - كما يرى فى القطاع العرضى - قائم الزوايا ومستطيلا فى الاتجاه القطرى . وفى النباتات نصف العشبية والعشبية تميل الخلايا ، الى أن تصبح مكعبة أو كروية . وتشاهد الأنواع الاتقالية كثيرا فى الشجيرات ، كجنس سيفانثس ، وفى الأعشاب « الخشبية » ، كجنس الغافث ورجل الوزه^(١) . وفى تلك النباتات تشبه خلايا الشعاع اللحاءى برنشيمة اللحاء الى درجة كبيرة ، ولا يمكن تمييزها منها الا بدراسة صفوف الخلايا فى الاتجاه الخلفى الى الكميوم والى أشعة الخشب أيضا . وخلايا الشعاع اللحاءى برنشيمائية كلها ، وتحتوى على بروتوبلازم نشيط . وتقدم العمر الكثير من هذه الخلايا الى اسكريدات .

وثمة نوع خاص من الخلايا الشعاعية هو المعروف بالخلية الزلاية فى عاريات البذور . وتقع هذه الخلايا الزلاية عند الحواف العليا والسفلى للأشعة اللحاءية ، وهى تختلف عن خلايا الشعاع العادية تركيبيا وفسيولوجيا . فمن الناحية التركيبية ، تختلف هذه الخلايا من خلايا الشعاع العادية فى كونها متصلة مباشرة بالخلايا الغربالية بوساطة مساحات غربالية ، وفى كون قطرها الرأسى أكبر بكثير من خلايا الشعاع العادية ، كما أنها لا تحتوى على نشا . وهذه الخلايا وثيقة الارتباط فى تكوينها بالخلايا الغربالية ، وتحتفظ ببروتوبلازمها طالما كانت الخلايا الغربالية المتصلة بها قائمة بوظيفتها . (وتبقى الخلايا الشعاعية الملاصقة لها حية طالمابقى السيجح المحيط حيا) . وفى الوقت الذى تتكون فيه وسائد الكالوس ، داخل الخلايا الزلاية ، فوق مناطق الاتصال الغربالية الشكل ، التى تربطها بالخلايا الغربالية ، تغطى المساحات الغربالية فى الخلايا الغربالية نفسها بوسائد مماثلة . أما من الناحية الفسيولوجية ، فهى على ما يبدو مرتبطة ارتباطا وثيقا بالخلايا الغربالية ، ويعتقد أنها تؤدي وظيفة تماثل كثيرا ما تقوم به الخلايا المرافقة فى كاسيات البذور . والخلايا الزلاية فى مشابقتها فى الموضع واختلافها فى الوظيفة عن الخلايا الشعاعية الأخرى تماثل قصبيات الشعاع الحافية فى الخشب . وثمة خلايا تحاكي الخلايا الزلاية فى مظهرها وموضعها توجد فى الأشعة اللحاءية لبعض

ذوات الفلقتين الخشبية ، كجنس نسة وقرنوس ، وهى على أية حال لا تكافئ الخلايا الزلاية فى الوظيفة .

الحلقات الموسمية فى اللحاء : سبق أن ذكرنا أن أسجة اللحاء الثانوى ترتب فى أكثر الأحيان فى أشربة مماسية محدودة . وغالبا ما يكون لتلك الطبقات من النسيج مظهر الحلقات السنوية . وهذه الأشربة الشبيهة بالحلقات ليست على أية حال ذات فواصل موسمية محددة ، كذلك الموجودة فى الخشب الثانوى ، وذلك لأنه لا يوجد تمييز واضح بين الخلايا اللحاءية المتكونة فى الجزء المبكر من فصل النمو وتلك التى تكونت فى الجزء المتأخر منه على نسق ما يشاهد من تباين بين الخشب المتأخر . وبالإضافة الى ذلك فإن خلايا الخشب التى تتكون مؤخرا من الكمبيوم فى فصل ما تصل الى مرحلة البلوغ الكامل وتتلجن قبل توقف النمو . وعلى النقيض من ذلك تتكون عادة فى نهاية فصل النمو على الجانب اللحاءى للكمبيوم عدة صفوف من خلايا لم يكتمل تمييزها ، ولكنها تبقى كامنة حتى يتجدد النمو ، وعندئذ تبلغ مكونة نسيجا عاديا . وعليه فليس من الممكن عادة رسم خط بين الخلايا المتكونة فى فصلين متتابعين . وقد توجد تكوينات موسمية من الأشربة الاسكلرنشيمية ، غير أنه ليس من المعروف أن هناك أى ثبوت أو بقاء لذلك النمو . وفى الحقيقة يبدو أن عدد هذه الأشربة الاسكلرنشيمية وعرضها يتوقفان على العوامل البيئية وقوة النمو . وفى نباتات المناطق الاستوائية تتكون طبقات جديدة من اللحاء والخشب مع كل « فورة » نمو جديد ، غير أن هذه الطبقات ليست بوجه عام متميزة تميزا يقارن بالحلقات السنوية التى تتكون فى نباتات المناطق المعتدلة .

وظيفة اللحاء الثانوى : وظيفة اللحاء الثانوى هى ، بوجه عام ، تلك التى سبق ذكرها فى الفصل الرابع ، كوظيفة اللحاء كله . واللحاء الثانوى ، من الوجهة الوظيفية ، نسيج معقد ترتبط معظم أجزائه ببعضها ببعض بطريقة معينة . فالأنابيب الغربالية ، والخلايا المرافقة ، وبعض الخلايا البرنشيمية مهياة تركيبيا للتوصيل الرأسى ، على حين تهىء الأشعة اللحاءية وسيلة للانتقال الأفقى من الخشب والكمبيوم والههما . وفى عاريات البذور ، تكون الخلايا الغربالية فى العادة منقرة تقريبا غزيرا مع غيرها من الخلايا الغربالية والخلايا الزلاية فقط . وتوجد الطرز المختلفة من البرنشيمية المختصة بالتوصيل فى أغلب الأحيان ملاصقة

للأنابيب الغربالية التى تنفصل عنها بجدار رقيق فقط . وهذه الخلايا البرنشيمية ليست منقرة تقريبا ظاهرا مع الأنابيب الغربالية أو الخلايا المراقبة ، هذا على الرغم من أنها تكون عادة منقرة بغزارة مع بعضها البعض على كل من الجدر القطرية والعرضية . وفى بعض النباتات الخشبية ، كجس كستيا وقرنوس مثلا ، تتجمع النقر فى هذه الخلايا بطريقة ترجح بشدة تكون المساحات الغربالية (شكل ١١٠ د) . وخلايا الشعاع اللحائى تكون فى أكثر الأحيان منقرة مع هذا النوع من الخلايا البرنشيمية . واللحاء فى جملته مختص بتوصيل المواد الغذائية المجهزة ، من بروتينية و كربوهيدراتية ، ومن المحتمل أن يشمل ذلك مواد التغذية المعدنية أيضا . وليس من المعروف على وجه التحديد أى المواد ينتقل داخل الأنابيب الغربالية ، وأيهما ينتقل خلال الخلايا البرنشيمية . غير أنه بالنظر الى أن نسبة الخلايا البرنشيمية الى الأنابيب الغربالية والخلايا الغربالية ، تتفاوت تفاوتا كبيرا ، وأن تقيرها قد يكون شبيها بالمساحات الغربالية ، كما أن الأنابيب الغربالية تكون قليلة أو غير موجودة فى بعض الأحيان ، كما فى الحزم الوعائية الصغيرة فى الأوراق ، وفى اللحاء الابتدائى فى بعض النباتات الخشبية فانه يمكن القول بأن البرنشيمية فى بعض الحالات قد تؤدي وظيفة الأنابيب الغربالية أو أن وظائف هذين النوعين من الخلايا قد تكون قابلة للتبديل .

وثمة وظيفة أخرى لبرنشيمية اللحاء ، هى ادخار البلورات ، والنشا ، ومختلف المواد العضوية . ويحدث هذا الادخار فى خلايا برنشيمية متخصصة تختلف عن الخلايا البرنشيمية غزيرة النقر فى كونها عادة كبيرة القطر نوعا ولا تحتوي على نقر ظاهرة . أما خلايا الأشعة اللحائية فتكون غالبا محملة بالنشا فى أثناء فصل الكمون . ويتضح ذلك بوجه خاص فى الجذور حيث الأشعة اللحائية كبيرة نسبيا فى العادة . ويبدو أن وفرة هذا النوع من البرنشيمية فى الجذور مرتبط بصغر كمية الاسكلرنشيمية أو انعدامها . والخلايا البرنشيمية الخازنة للبلورات توجد عادة بالقرب من الألياف ، حيث قد تكون صفوفًا ممتدة امتدادا كبيرا وقد تغلف أشرطة الألياف . وثمة خلايا برنشيمية متخصصة تحتوي على إفرازات مختلفة توجد بكثرة فى اللحاء الثانوى لبعض النباتات (شكل ١١١ ب) ، فى كل من المجموعة الرأسية والأشعة .

توقف وظيفة اللحاء : الحياة الوظيفية للحاء الثانوى — على الأقل بالنسبة للخلايا والأنابيب الغربالية ، والخلايا المرافقة — قصيرة اذا قورنت بالحشب الثانوى . ففي كثير من النباتات الحشبية تؤدى الأنابيب والخلايا الغربالية وظيفتها لفصل نمو واحد أو أقل ، وفي بعض الأشجار الاستوائية يكون ذلك « لفورة » نمو واحدة . وفي أنواع أخرى من النباتات ، وفي الجذور في أغلب الأحيان ، قد تنشط هذه الخلايا لفترة أطول ، وإن كان ذلك لا يزيد عن سنتين الا نادرا . أما برئيسية اللحاء وخلايا الأشعة اللحائية — فيما عدا الخلايا الزلائية الحافية في عاريات البذور — فتبقى حية عادة ، ويستمر ذلك في الظروف العادية لوقت طويل بعد فقد الأنابيب الغربالية لبروتوبلازماها . وانقطاع الوظيفة في اللحاء الثانوى يمكن من بعض الوجوه مقارنته بتكوين الحشب الصمى في الحشب ، غير أن اللحاء يتمدد باستمرار ، وينسحق ، ويتمزق بسبب الزيادة في المحيط وضغط النمو الكميومى ، وتسقط طبقاته الخارجية نتيجة التقلبات الجوية والتقشر . ويبدو أن توقف النشاط في النسيج بأكمله يتم تدريجيا ، ويكتمل فقط عندما تتكون طبقات البريدرم داخله ، مسببة حرمان الخلايا الخارجية كلها من الغذاء والماء اللذين يردان اليهما من الأنسجة الداخلية .

والوقت المحدد لتوقف الوظيفة في الأنابيب والخلايا الغربالية موضع شك . ويعتقد بوجه عام ان هذه الخلايا تبدأ في تأدية وظيفتها من وقت اختفاء النواة حتى يختفى البروتوبلازم . وقد كان الرأى معقودا على أن الحياة الوظيفية للأنبوبة أو الخلية الغربالية تنتهى بانحلال النواة ، الا أن الكثير من الأدلة لا تؤيد هذا الرأى .

وترتبط الحياة الوظيفية للأنبوبة الغربالية ارتباطا وثيقا بتكوين وسائل الكالوس فوق الصفائح الغربالية . ففي الكثير من النباتات ترسب هذه الوسائد في نهاية فصل النمو ، ومن ثم تغلق الأنبوبة الغربالية في أثناء كموون النبات ، ومع استئناف النمو في الربيع ، تذوب الوسائد ، وتمود الأنبوبة الغربالية ثانية لتأدية وظيفتها . وفي نباتات أخرى ، وبخاصة الأنواع العشبية ، يكون انسداد الثقوب الغربالية بالكالوس معلنا توقف الخلية الدائم عن تأدية وظيفتها .

ويعلن اختفاء البروتوبلازم من الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة — دون شك — عن توقف الوظيفة في هذه الخلايا . وفي كثير من الأجناس ، كأجناس

روينيا والبلوط والكشرى ، يصحب هذا التوقف عن تأدية الوظيفة أو يعقبه سحق الأنابيب الغربالية وانسائها . وينشأ هذا التلف في الخلايا - انطباق الجدر القشرية واندثار التجاويف - نتيجة ضغط الأنسجة الداخلية النامية على الخلايا الحافوية غير الملحنة . وقد يكون سحق الأنابيب الغربالية كاملا لدرجة ان مجموعة أو طبقة من تلك الخلايا تصبح ممثلة بشريط غير منتظم من مادة الجدار التي فقدت تركيبها . وقد يختفى هذا الشريط سريعا في بعض الأجناس نتيجة الامتصاص . ويوصف عادة سحق الأنابيب الغربالية واختفاؤها بأنه اندثار لهذه الخلايا .

وفي اللحاء الكامن لكثير من النباتات ، كأحد أنواع كل من أجناس الصنوبر وروينيا^(١) وكليما^(٢) ، لا يوجد غير شريط ضيق من نسيج يحتوى على أنابيب غربالية كاملة . أما خارج هذه المنطقة فان كل الأنابيب الغربالية الموجودة تكون غير قائمة بالوظيفة بل منسقة . ومن الممكن الا يكون هناك أنبوبة غربالية بالغة واحدة لم تسحق (شكل ١١٠ ب) . وفي نباتات أخرى ، كجنس الزيزفون والحور ، قد لا تسحق الأنابيب الغربالية التي تبعد كثيرا عن الكمسيوم ، الا ان تلك الأنابيب تكون قد فقدت محتوياتها ، ومن ثم توقفت عن تأدية وظيفتها . وفي نباتات أخرى ، كجنس الصفصاف مثلا ، لا تسحق الأنابيب الغربالية في أى وقت بل تبقى عادية في الحجم والشكل حتى بعد تكون طبقات البريدرم التي تفصلها عن الأنسجة الحية الداخلية . ومن المشكوك فيه أن الأنابيب الغربالية في ذوات الفلقين الخشبية تصبح ملحنة بتقدم اللحاء في العمر وذلك كما يحدث لكثير من الخلايا البرنشيمية المحيطة .

والتغيرات التي تحدث في اللحاء بتقدمه في العمر على درجة كبيرة من التنوع في تفاصيلها الصغيرة في الأنواع المختلفة من النباتات ، الا أنها بوجه عام تتضمن تقريبا نفس الظواهر . فقد يتلجن معظم أو كل برنشيمية اللحاء والخلايا الشعاعية في آن واحد مع موت الأنابيب الغربالية أو يكون ذلك عقب موت الخلايا مباشرة . وتتكون البلورات المتجمعة وغيرها بأعداد كبيرة في الخلايا البرنشيمية والاسكلرنشيمية حديثة التكوين . وتتكون البلورات في كثير من النباتات في الخلايا البرنشيمية رقيقة الجدر التي توجد بجانب الألياف وتغلفها أغلب الأحيان

(شكل ٩ ن) . وقد ترسب في البرنثيمية في هذا الوقت بالإضافة الى ذلك ، اصماغ وتانين وراتنج . وفي السوق العشبية الحولية ، قد يبقى اللحاء الثانوى قائما بالوظيفة طول حياة الساق أو على الأقل الى أن تنضج البذرة . وتحدث في ذلك النسيج تغيرات قليلة ، غير أنه في بعض نباتات الفصيلة المركبة تتلجن برنثيمة اللحاء بالقرب من نهاية فصل النمو .

وتختلف طريقة تكون الاسكلريدات، ومدى ما يتكون منها في اللحاء الثانوى الخارجى . ففي النباتات الخشبية ، كجنس الزان والشنار ، تتحول كل الخلايا تقريبا ، فيما عدا الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة ، تتحول الى اسكلريدات ، ومن ثم يكون القلف صلدا ولكنه هش ، وتكون الألياف في هذه الاجناس قليلة أو منعدمة . وفي كثير من الأشجار ، كجنس البلوط يوجد خليط من الاسكلريدات والألياف في اللحاء الثانوى القديم . وفي أكثر الأحيان تتلجن الاشعة اللحاءية عند أطرافها الخارجية ، أى بتقدم الخلايا في العمر . وفي البلوط تتلجن خلايا الاشعة اللحاءية العرضية وهى ما زالت حديثة وقرية من الكميوم . وفي جنس الجوز وأجناس أخرى كثيرة ، لا تتكون اسكلريدات ، ويتكون اللحاء الخارجى الى درجة كبيرة من الألياف . وتكون الزيادة في نسبة الاسكلرنثيمة في اللحاء الخارجى في بعض الأنواع واضحة جزئيا فقط ، وتعزى الى انطباق الأنسجة الرخوة أكثر منها الى تلجن خلايا اضافية .

القيمة الاقتصادية للحاء الثانوى : كانت ألياف اللحاء الثانوى فيما سبق تستخدم تجاريا لدرجة كبيرة ، وما يزال لها بعض الأهمية . فاللحاء الثانوى لعدد من أشجار وشجيرات فصائل الحجازية واليزفونية والتوتية وغيرها ، كان مصدر الألياف اللحاءية في الأغراض الاقتصادية لعدة قرون . فنسيج « التابا » بجزر الياسفيك الاستوائية يتكون أساسا من الألياف اللحاءية . وللحاء منافع أخرى ، فهو يعد مصدرا للتانين ، كما في قلف نباتات البلوط والكستنيا والشوكران^(١).

كما أنه — بالإضافة الى القشرة — يستغل كمصدر لبعض التوابل والعقاقير كالقرفة والكينين . وتوجد القنوات الافرازية بكثرة في معظم الأحيان في اللحاء ، وقد تكون الافرازات ذات قيمة اقتصادية كبيرة ، وذلك كالمطاط الذى يستخرج من اللبـن النباتى لجنس هفيا وغيرها من الأجناس ، والمواد الراتنجية المتنوعة ، كمضغ الكاورى الذى يستخرج من جنس الأجاث ، وصمغ التنوب من جنس يسيا^(١) .

REFERENCES — المراجع

- ABBE, L. B., and A. S. CRAFTS: Phloem of white pine and other coniferous species, *Bot. Gaz.*, **100**, 695-722, 1939.
- CHAUVEAUD, G. L.: L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 9 sér., **13**, 113-438, 1911.
- : Recherches sur le mode de formation des tubes criblés dans la racine des dicotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 8 sér., **12**, 333-394, 1900.
- CHEADLE, V. L., and N. B. WHITFORD: Observations on the phloem in the Monocotyledoneae, I. The occurrence and phylogenetic specialization in the structure of the sieve tubes in the metaphloem, *Amer. Jour. Bot.*, **28**, 623-628, 1941.
- CURTIS, O. F.: "The Translocation of Solutes in Plants," New York, 1935.
- DE BARY, A.: "Comparative Anatomy of the Vegetative Organs of the Phanerogams and Ferns," 1877. Engl. ed. 1884.
- ESAU, K.: Ontogeny and structure of the phloem of tobacco, *Hilgardia*, **2**, 343-424, 1938.
- : Development and structure of the phloem tissue, *Bot. Rev.*, **5**, 373-432, 1939.
- HENENWAY, A. F.: Studies on the phloem of the dicotyledons, I. Phloem of the Juglandaceae, *Bot. Gaz.*, **15**, 131-135, 1911.
- : Studies on the phloem of the dicotyledons, II. The evolution of the sieve tube, *Bot. Gaz.*, **55**, 236-243, 1913.
- HILL, A. W.: Histology of the sieve tubes of Pinus, *Ann. Bot.*, **15**, 576-611, 1901.
- : The histology of the sieve tubes of angiosperms, *Ann. Bot.*, **22**, 245-290, 1908.
- HUBER, B.: Das Siebröhrensystem unserer Bäume und seine jahreszeitlichen Veränderungen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **88**, 176-242, 1939.
- JANCZEWSKI, DE E.: Études comparées sur les tubes cribreux, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **14**, 50-166, 1882.
- LECOMTE, H.: Contribution à l'étude du liber des angiospermes, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **10**, 193-324, 1889.

- LÉGER, L. J. : Recherches sur l'origine et les transformations des éléments libériens, *Mém. Soc. Linn. Normandie*, 19, 51-182, 1897.
- MACDANIELS, L. H. : The histology of the phloem in certain woody angiosperms, *Amer. Jour. Bot.*, 5, 347-378, 1918.
- PERRON, E. : "Le Tissue Criblé," Paris, 1899.
- POIRAULT, G. : Recherches anatomiques sur les cryptogames vasculaires, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., 18, 113-256, 1893.
- RUSSOW, E. : Sur la structure et le développement des tubes cribreux, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., 14, 167-215, 1882.
- SCHMIDT, E. W. : "Bau und Funktion der Siebröhre der Angiosperme," Jena, 1917.
- STRASBURGER, E. : "Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen," Histologische Beiträge III, Jena, 1891.
- WILHELM, K. : "Beiträge zur Kenntnis des Siebröhrenapparates dicotyler Pflanzen," Leipzig, 1890.
- WILSON, C. L. : Lignification of mature phloem in herbaceous types, *Amer. Jour. Bot.*, 9, 239-244, 1922.

الفصل التاسع

البريدرم والانفصال

البريدرم

تتميز جميع النباتات ، باستثناء النباتات المائية المغمورة ، بوقاية أنسجتها الحية من الجفاف . ففي النباتات التي تنمو نحواً ابتدائياً فقط ، تتوفر مثل هذه الوقاية عن طريق الأدمة وتكوين البشرة ، وأحياناً تحت البشرة ، أو القشرة الخارجية ، كما هو مبين بالفصل الثانی . أما في النباتات ذات النمو الثانوى ، فإن أنسجة البشرة والقشرة واللحاء أما ان تسایر الزيادة الناتجة في الغلظ أو تتمزق كلها أو بعضها . وتتكون بعد ذلك طبقات واقية جديدة تمنع التأثير بالجفاف . ففي الأنواع العشبية بوجه عام ، وفي بعض الأنواع الخشبية ، تكون مسامية الغلظ المتزايد بتكوين خلايا جديدة عن طريق الانقسام القطرى ، بالإضافة الى زيادة حجم الخلايا اذ أن خلايا المناطق الابتدائية الخارجية في النباتات العشبية ، لا تفقد قدرتها على الانقسام غالباً ، الى أن يصل محور النبات الى اكتمال نموه . كما أن انقسام الخلايا في هذه المناطق في النباتات الخشبية يستمر الى عام أو أكثر من عام ، كما في بعض نباتات الاسفندان ، وكورنس^(١) . أما في السوق والجذور المتقدمة السن لمعظم النباتات الخشبية ، فإن الأنسجة الخارجية تتمزق وتموت نتيجة للنمو الثانوى ، وتتكون بعد ذلك طبقة واقية جديدة تعرف بالبريدرم .

تركيب البريدرم :

يتركب البريدرم عادة من ثلاث طبقات : الطبقة المنشئة وهي المكونة من خلايا مرستيمية وتعرف بالكيمبيوم الفلينى أو الفلوجن ، والطبقة المكونة من هذا المرستيم للخارج ، وتعرف بالفلين ، والطبقة المكونة الى الداخل وتعرف بالفلودرم أو القشرة الثانوية .

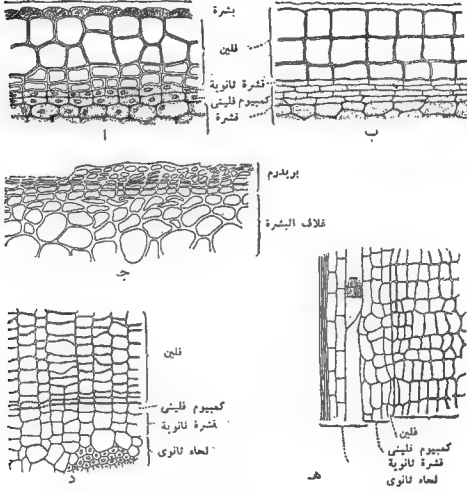
الكميوم الفليني أو الفلوجين :

يعتبر الفلوجين مثلاً واضحاً للمرستيم الثانوى ، اذ ينشأ من خلايا حية أصبحت مستديرة — بمعنى أنها تميزت وأصبحت خلايا كاملة النمو — فى البشرة أو القشرة أو اللحاء . كما أنه يعتبر مرستيماً جانبياً ، اذ أنه يتسبب فى زيادة غلظ المحور بانقسامه باستمرار فى اتجاه مماسى ، معطياً خلاياً الى الخارج ، مشابهاً فى ذلك الى حد كبير الكميوم الحقيقى . وخلايا الفلوجين ، لا تختلف كثيراً فى شكلها ، ففى القطاع المماسى ، تظهر كخلايا مضلعة متساوية الأبعاد الى حد ما ، وذلك اذا استثنينا بعض الحالات الخاصة القليلة . وفى المقطع العرضى تبدو هذه الخلايا مستطيلة ومفلطحة فى الاتجاه القطرى (شكل ١١٢ أ ، ب ، د) كما أنها لا تضم بينها مسافات بينية الا فى حالة العديسات .

وتتكون طبقة الفلوجين من خلايا حية بالغة ، تتحول الى خلايا مرستيمية ، مكونة طبقة منشئة من صف واحد من الخلايا . ومثل هذا النشاط المرستيمى يحدث دائماً فى نسيج البشرة أو القشرة أو أى نسيج برنشيمى آخر ، حيث تتوفر الخلايا الحية ، وحيث يمكن أن تتكون طبقة واسعة عمودياً ومماسياً . وعندما يبدأ تكون الفلوجين فى خلايا البشرة ، تختفى الفجوات المركزية من الخلايا ، وتزيد كمية السيتوبلازم ويصبح أكثر تحبباً ، وبعد تكوين هذه الطبقة تحدث انقسامات مماسية متوالية ، كما تحدث انقسامات قطرية أيضاً ، ولكن بدرجة أقل ، مثلما يحدث الى حد كبير عند انقسام الكميوم الحقيقى ، وتكون الخلايا الناتجة عادة منتظمة فى صفوف قطرية ، كما أن خلايا الفلودرم أو القشرة الثانوية ، أقل انتظاماً من خلايا الفلين ، ويكون عدد الصفوف المماسية للخلايا غير المتميزة فى البريدرم أقل من مثيلاتها فى منطقة الكميوم أثناء فترة نشاطه . ويرجع ذلك الى أن الخلايا غير الناضجة فى البريدرم ، تكون فى غالب الأحيان هى الخلايا المنشئة وحدها ، اذ أن الخلايا الناتجة من ذلك المرستيم يتم فضجها جميعاً قبل حدوث أى انقسام جديد فى الكميوم الفليني .

وتختلف كثيراً نسبة عدد خلايا الفلين الى خلايا القشرة الثانوية المتكونة من الفلوجين باختلاف النبات . ولكن يمكن القول بوجه عام ، أن عدد الخلايا المكونة الى الخارج أى الفلين ، يكون بطبعه أضعاف الخلايا المتكونة الى الداخل ، أى الفلودرم ، فخلايا الفلودرم قد تكون قليلة أو منعدمة . كما قد يحدث فى حالات

نادرة ، أن تكون طبقة الفلودرم أكبر من طبقة الفلين . وفي نبات « بلوط الفلين »



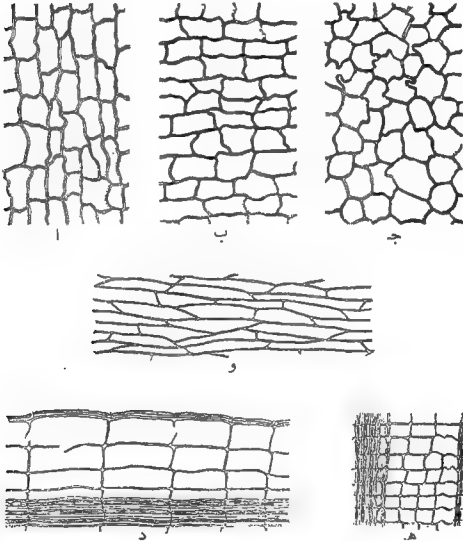
(شكل ١١٢)

١ ، ب ، ج قطعات عرضية في الطبقة السطحية . د ، ه قطع عرضي وقطاع طولى تطرى لطبقة غائرة (١) في غصن نبات الحور : ظهر الفلوجين في خلايا القشرة الخارجية وكون أربع طبقات من الفلين وطبقة واحدة من الفلودرم . ويبدو الفلين وقد غطى بخلايا البشرة الميتة الممتلئة بالتانين . (ب) في غصن نبات من جنس سولام : ظهر الفلوجين في طبقة البشرة وقد تحولت الانصاف الخارجية من خلايا البشرة الى خلايا فلين حقيقية ولطيت بالادمة ولم تتكون فلودرم . (ج) في ثمرة التفاح : وقد تفككت الخلايا الخارجية مباشرة . واصبح اليريدرم خشنا (د ، ه) في اللحاء الثانوي في نوع من جنس الصفصاف : وفيه تبدو خلايا الفلودرم غير منتظمة الى حد ما

وفي النباتات التي لها سوق مجنحة بالفلين مثل أيونيموس^(١) ، وليكيدامبر^(٢) والماس^(٣) يكون الفلوجين عددا كبيرا من خلايا الفلين الرخو ، وطبقة صغيرة نسبيا من الفلودرم .

الفلين :

تشبه خلايا الفلين الكميوم الفليني الذي تنشأ منه ، وهى خلايا متشابهة فى الشكل متعددة الأضلاع فى القطاع المماسى ، ولكنها ضعيفة فى القطاعات العرضية للساق (شكل ١١٣) أى أن الكميوم الفليني ، لا يعطى أنسجة معقدة التركيب ، كما هى الحال فى الكميوم الحقيقى والأنسجة الوعائية المتكونة منه .



(شكل ١١٣)

أ ، ب ، ج . فلين تجارى من نبات البلوط الفليني ، فى قطاعات عرضية وقطرية ومماسية على التوالي
د ، هـ . و قلف من نبات التامول فى قطاعات عرضية وقطرية ومماسية ز ، ح تبين طبقة كاملة (دوما سنوية)
من نوعين من الخلايا . وتعمل الخلايا الرقيقة الى التمزق الذى يسبب تقشر «القف» على هيئة رقائق

وقد تكون بعض أنواع الفلين ذات خلايا رقيقة الجدر مستطيلة فى الاتجاه القطرى ، كما فى الفلين المعروف فى التجارة (شكل ١١٣ أ ، ب) وفى البريڊرم السطحى المستديم لبعض النباتات مثل التامول^(١) والمشمش^(٢) تكون خلايا الفلين مستطيلة ، فى الاتجاه المماسى ، بدرجة ملحوظة (شكل ١١٣ د ، هـ) . وليس بين خلايا الفلين مسافات بينية .

وخلايا الفلين تامة النضج ميتة ، تظهر عادة بلا نقر . وقد قيل فى بعض الحالات بوجود نقر فى الطبقة السليولوزية الداخلية المحيطة بفراغ الخلية فقط ، وقد يكون لوجود هذه النقر علاقة بمرور المواد اللازمة لتكوين طبقات السوبرين .

وخلايا الفلين مختلفة الأنواع ، أكثرها شيوعا نوعان : أحدهما خلاياه رقيقة الجدر جوفاء طويلة قطريا مكونة بذلك نسيجا خفيفا من نوع فلين الزجاجات ، والآخر خلاياه غليظة الجدر رقيقة قطريا ، وتجويف الخلية ممتلىء بمادة صبغية قائمة ذات طبيعة راتنجية أو تانينية وقد يوجد هذان النوعان فى نباتات مختلفة أو فى مجموعات يتبادل فيها النوعان فى نفس النبات كما فى جنس التامول (شكل ١١٣ د ، هـ) ونتيجة لتبادل خلايا رقيقة الجدر مع خلايا غليظة الجدر ، والسهولة التى بها تتمزق الخلايا الرقيقة يفصل البريڊرم على هيئة صفائح رقيقة كما فى نبات التامول . ويحدث فى حالات نادرة أن يتكون جزء من الفلين من سكلريدات وخلايا تحتوى على بللورات .

ويتيمز الجدار لخلايا الفلين، بكونه من جدار ابتدائى مكون من سليولوز أو من لجنين أو يكون مسوبرا قليلا ، كما فى بعض النباتات . ويلى الجدار الابتدائى طبقة متوسطة مسوبرة غليظة من الجدار الثانوى « صفيحة السوبرين » ثم يلى هذه الطبقة أخرى من الجدار الثانوى وهى طبقة سليولوزية رقيقة تحيط بتجويف الخلية مباشرة ، وقد تكون هذه الطبقة الداخلية ملجئة فى بعض النباتات — كما أنها لا توجد فى حالة الفلين رقيق الجدر . وكثيرا ما يصعب التمييز بين هذه الطبقات المختلفة . ومادة السوبرين التى يعتقد أنها تكون صفيحة السوبرين ، تشبه فى صفاتها مادة الكيوتين ، اذ أنها غير منفذتين الى حد كبير ،

للغازات والماء ، كما أنها تبدو أن ساطعتين جدا تحت المجهر ، وتقاومان فعل الأحماض . وفي قليل من النباتات وعلى الأخص في نبات البلوط الفليني ، يكون النسيج الفليني قابلا للمد الى درجة كبيرة ، وتعتمد هذه الخاصية على قدرة الجدر نفسها على التمدد من جهة أخرى على التغير في شكل الخلايا ، عندما يحدث الشد . وعلى الرغم من ذلك ، فإن النسيج الفليني في معظم النباتات ، يكون غير قابل للشد أو للمد . على أن عملية منع فقدان الماء ، بواسطة البريديرم ، ترجع الى تسوير جدر خلايا الفلين ، والى تلاصقها بشدة .

الفلودرم او القشرة الثانوية :

خلايا الفلودرم حية ، سليولوزية الجدر ، مرتبة في معظم النباتات ، مع شيء من التفكير . ولا تختلف عن خلايا القشرة المتاخمة لها ، الا في ترتيبها ترتيبا واضحا في صفوف قطرية (شكل ١١٢ أ) وفي بعض النباتات تقوم خلايا الفلودرم بالبناء الضوئي وادخار النشا . كما أنها منقرة كالحايات البرنثيسية الأخرى ، ويوجد بهذا النسيج في بعض الأحيان سكلريدات وخلايا متخصصة أخرى . ويطلق أحيانا لفظ « القشرة الثانوية » على الفلودرم ، ولكنه كثيرا ما يطلق على البريديرم بجملة ، ويرجع أساس هذه التسمية الى أنها تعتبر من الناحية الوظيفية قشرة ذات وظيفة واقية . وحيث أن البريديرم قد ينشأ بطريقة ثانوية من اللحاء ، لذلك لا يمكن منطقيا استعمال لفظ القشرة لهذه الطبقة . ولذلك فاستعمال لفظ القشرة الثانوية في أى من المعنيين لا يعتبر دقيقا ولا مرغوبا فيه .

منشأ البريديرم :

تنشأ أول طبقة فلوجين في الساق الحديثة ، من الخلايا الحية الناضجة في الأنسجة الواقعة خارج منطقة اللحاء . ففي كثير من النباتات مثل التفاح . وفيارنم لاتانا^(١) ، والبلوط^(٢) وسولانم الكامارا^(٣) (شكل ١١٢ ب) تنبذ أول طبقة من الكميوم الفليني في البشرة نفسها . وقد يحدث في أحيان كثيرة أن ينشأ فلوجين من الطبقة التي تلي البشرة مباشرة كما في جنس الحور (شكل ١١٢ أ) و جنس مانوليا^(٤) (شكل ٧٧) و جنس الكستنا^(٥) والماس والجوز .

Quercus suber (٢)

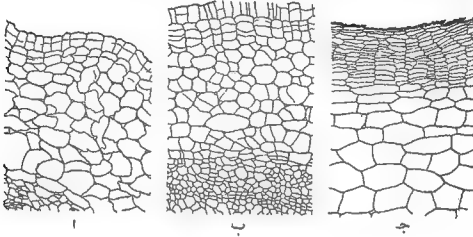
Magnolia (٤)

Vebarnum hantane (١)

Solanum Dalcamara (٣)

Castanea (٥)

وفي هذه الحالة تنمزق البشرة وتنحل . وفي درنة البطاطس يظهر الكميوم الفليني في البشرة والطبقة الواقعة تحت البشرة معا (شكل ١١٤) ولكن الكميوم الذي



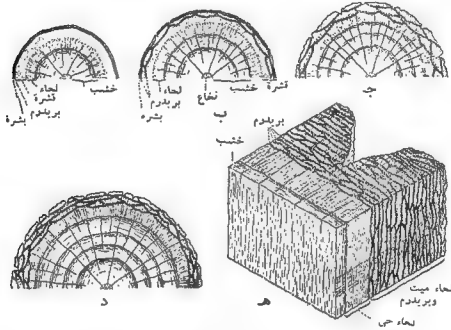
(شكل ١١٤)

البريدرم في درنة البطاطس . ١ ، ب قطاعات عرضية في الجزء الخارجى من درنة حديثة بين منشأ البريدرم : (١) طبقتان من الفلوجين واحدة نشأت في البشرة وأخرى في طبقة تحت البشرة . (ب) انقسم الفلوجين الداخلى أما الخارجى فلم ينقسم . (ج) قطاع عرضى في الجزء الخارجى من درنة ناضجة بين فلينا غليظا

يظهر في البشرة لا يقوم بوظيفته . وقد يحدث في حالات نادرة أن يظهر الكميوم الفليني في السوق أول ما يظهر في الطبقة الفائرة في القشرة أو في البرسيكل ، كما في جنس التوية^(١) ورييس^(٢) . وفي هذه الحالات تحرم الأنسجة الخارجية من الماء والغذاء ، فتموت وتنمزق ثم تسقط .

وبزيادة الساق في الغلط ، وما يتبع ذلك من تمزق غائر في الأنسجة الخارجية بما في ذلك أحزمة البريدرم الأول ، تتكون طبقات بريدرم أخرى ، الواحدة تلو الأخرى ، في مناطق على أعماق متزايدة في الساق ، وتبعاً لذلك تظهر الطبقات الجديدة داخل القشرة ، ثم البرسيكل ، ثم في اللحاء ، (شكل ١١٥) . وفي السوق المسنة ، تتكون معظم طبقات الفلوجين - باستثناء الطبقات القليلة الأولى - من اللحاء الثانوى . وبذلك تتكون من اللحاء الثانوى معظم طبقات البريدرم ، في الفروع الكبيرة ، وجذوع الأشجار . ويتكون كل طبقة من طبقات البريدرم ، يتقطع الماء والغذاء عن الأنسجة الخارجية وتموت الخلايا المكونة لهذه

الأنسجة ، وتتكون بذلك « قشرة » من طبقات متتابة ومتراكبة من الفلين الذى يضم جيويا من الخلايا ميتة من القشرة واللحاء . هذه الأنسجة الميتة ، تكون ما يسمى « الريدوم » الذى يعرف غالبا بالقلف القشرى ، (شكل ١١٥ د ، هـ) ،



(شكل ١١٥)

اشكال لمخطيطة تبين موضع وامتداد طبقات الريدوم النكونة بالتتابع في ساق خشبية نموذجية .
 (ا) فرع عمره عام واحد يبين الريدوم على هيئة اسطوانة كاملة مكونة تحت البشرة . (ب) فرع عمره عامان يبين تمزق البشرة وطبقة الريدوم الاولى وتكون طبقات قشرية الشكل على ابعاد غائرة في القشرة .
 (ج) ساق عمرها ثلاثة اعوام يبين ذبول الانسجة الخارجية وتكون طبقات الريدوم اخرى على ابعاد اكثر غورا في الساق ومقتحمة اللحاء الثانوى . (د) ساق عمرها اربعة اعوام يبين ذبول القشرة واللحاء الثانوى ومعظم طبقات الريدوم وقد غزت طبقات الفلين اللحاء الحديث . (هـ) الانسجة الخارجية لجذع شجرة مسنة يبين اللحاء الثانوى الحديث وقد اصبح شريطا ضيقا والريدوم غليظ به شقوق غائرة ومكون من لحاء ميت وعدة طبقات الريدوم قشرية الشكل كما ان كمية كبيرة من أنسجة اخرى قد ذبلت

وقد أدى استعمال كلمة « قلف » في عدة معاني الى لبس كبير . ففي المعنى غير الفنى ، تستخدم كلمة قلف للأنسجة التى يسهل نزعها عند تقشير ككل الخشب أو الأفرع أى تلك الأنسجة التى تقع خارج الكميوم ، كما أن كلمتى « قلف » وقلف خارجى » استعملتا لتعيينان الطبقات السطحية من الأنسجة الميتة المكونة من الريدوم ، وما تضمه من أنسجة واستعملت كلمة « قلف داخلى » لتعنى أنسجة اللحاء الحية الملاصقة للكميوم ، وقد استعمل التعبير « القلف الداخلى » أيضا لمنطقة الكميوم نفسها . قد يسمى الريدوم وحده أحيانا قلفا خارجا ، كما فى

جنس التامول^(١) وأحيانا أخرى قلنا فقط . وقد استعمل بعض المؤلفين كلمة (قلف) مرادفة لكلمة « قشرة » بالمعنى الفنى ، ولا زال بعضهم يستعمل « القلف الخارجى » بهذا المعنى . ولذلك فالاستمرار فى استعمال « قلف » بمعنى فنى غير مرغوب فيه . ويستحسن أن يقتصر استعمال هذه الكلمة على الناحية غير الفنية ، ليعنى جميع الأنسجة خارج الكميوم ، وهذا الاستعمال درج عليه منذ زمن بعيد . أما الكلمات ذات المعنى الدقيق « القشرة » و « البريدرم » فيحسن استعمالها فعلا فى الوصف التشريحي وتستعمل كلمة « ريتدوم » لتدل على طبقات متبادلة من بريدرم وأنسجة ميتة من القشرة واللحاء .

ويختلف عمر الساق عند بدء تكوين البريدرم ، باختلاف النبات ، وباختلاف الظروف البيئية . ففى الأفرع الخشبية يتكون أول بريدرم (فى أقصى الخارج) عادة فى الفصل الأول ، حين تنزق البشرة . وفى بعض النباتات قد يتكون بريدرم آخر على بعد أعمق فى العام الأول أيضا . وغالبا ما تكنى الطبقات الأولى لبضعة فصول ، وبعدها تتكون طبقات أعمق . فشجرة التفاح وشجرة الكشمش تبدء أن فى تكوين بريدرم داخلى ، ما بين السنة السادسة والسنة الثامنة . وبعض أنواع الجوز والشمس ، تحتفظ بقلفها السطحى الناعم ، لمدد تتراوح بين عشرين وثلاثين سنة أو أكثر ، كما أن جنس فاجس^(٢) وبعض أجناس أخرى لا تكون بريدرم داخلى مدى الحياة .

وتتميز الجذور بالبريدرم المتكون فى مناطق عميقة ، فيتكون الفلوجين تحت البشرة الداخلية مباشرة . وقد يظهر البريدرم كطبقة مستمرة تحيط بالجهاز الجذرى كله فيما عدا المناطق القريبة من الأطراف ، وتتأنى مسيطرة الزيادة فى قطر الجذر ، عن طريق الانقسام القطرى لخلايا الفلوجين ، والخلايا الحية التى تحتها . وفى بعض أنواع النباتات تكون الجذور موجودة فى باطن التربة ، ومعرضة لظروف مواتية ، لتحلل الأنسجة الخارجية وموتها ، وتحاط الجذور فى هذه الحالات ببريدرم كامل ذى سطح ناعم ، أما الجذور المعرضة للهواء ، فانها تكون قلفا خشنا ، شبيها بذلك الموجود على الساق . وفى كثير من النباتات العشبية ، لا تتكون طبقة بريدرم بل تسمویر الطبقات السطحية .

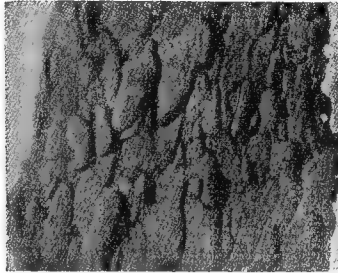
امتداد البريڊرم :

يغطي البريڊرم ، في النباتات الخشبية ، محور النبات فيما عدا الجذور « اللبيفة » النحيلة ، والأجزاء الحديثة من الجذور والسوق القريبة من الأطراف النامية . وفي الفروع الصغيرة تكون أول طبقة بريڊرم على هيئة أسطوانة كاملة . وفي بعض الأجناس مثل فاجوس وبعض أنواع جنس التامول ، تغطي هذه الطبقة الأولى الجذوع حتى تصبح مسنة . وفي جنس العنب^(١) تكون طبقات البريڊرم الأولى والطبقات التالية ، على هيئة صفائح كاملة من النسيج ، موازية للسطح الخارجى وتنشأ أسطوانات مركزية من الفلين . وتمتد طبقات البريڊرم المتأخرة في معظم النباتات الخشبية ، الى مدى يندر أن يصل الى امتداد الطبقات الأولى ، بل يكون عادة أقل كثيرا ، أحيانا تمتد هذه الطبقات بضعة سنتيمترات مربعة فقط ، وعلى العموم يختلف اتساع طبقة الفلوجين طوليا ومحيطيا ، باختلاف نوع النبات وعمر المحور . ويكون الجزء المتوسط من هذه الطبقة المحددة من البريڊرم موازيا للسطح ، ولكن أطرافها تنثنى للخارج لتقابل طبقات الفلين الخارجية الأكبر سنا . وبهذه الطريقة يحدث انفصال لحشفة عديسة الشكل ، مكونة من أنسجة القشرة واللحاء . وتتراكم أو تلتحم بعض طبقات البريڊرم المتكونة على فترات مختلفة لتكون غطاء كاملا حول الساق (شكل ١١٦) وتحتوى الطبقات الداخلية المتكونة أخيرا ، على طبقة حية من الفلوجين . وتسقط طبقات البريڊرم الخارجية نتيجة للذبول أو سقوط الأوراق أو تبقى لتكون الريڊوم (شكل ١١٥) وطبقة البريڊرم مستمرة في الجذور عادة وتغطي السطح كله فيما عدا الأطراف النامية .

بقاء البريڊرم :

تختلف كثيرا مدة قيام طبقات البريڊرم الأولى بوظيفتها . ففي الأشجار ذات القلف الناعم مثل فاجوس وكارينوس^(٢) والتامول قد يصمد البريڊرم الأول لعدة سنوات أو طوال حياة الشجرة . وفي هذه الحالة تستمر الزيادة في محيط البريڊرم ، عن طريق الانقسام القطرى وما يتبعه من كبر حجم خلايا الفلوجين . أما في أغلب النباتات الخشبية فإن عدة طبقات بريڊرم أخرى تتكون — ان عاجلا

أو آجلا - الواحدة تلو الأخرى بالتتابع متدرجة في العملية من أنسجة القشرة



(شكل ١١٦)

السطح الداخلى (المماسى) للريثدوم فى أحد أنواع الصنوبر ، وقد ذوت أنسجة اللحاء الحية معرشة القشور المتراكبة من طبقات اليريدرم الداخلية (فى منظر أمامى)

وفى النهاية من أنسجة اللحاء ، وذلك لتحل محل طبقة اليريدرم الأولى (شكل ١١٥) وتنشط طبقات الفلوجين المتأخرة لفترة قصيرة فقط ، اذ تتحول الخلايا المكونة لها الى خلايا فلين . وفى جنس العنب ، تكون طبقات اليريدرم المتتالية المتكونة فى السنوات الأولى القليلة ، على هيئة أسطوانات كاملة ، ثم تتمزق الأسطوانة الخارجية وتسقط مباشرة ، بحيث لا يبقى عادة سوى طبقة أو طبقتين من الفلين فى تلك السوق ، التى ما زالت فى أعوامها الأولى .

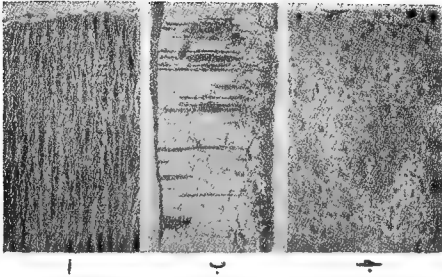
وفى النباتات التى تنشط فيها طبقة اليريدرم لفترة قصيرة ، لا يظهر انتظام موسمى فى نشاطها . أما فى النباتات ذات طبقات اليريدرم السطحية الدائمة ، مثل نباتات التامول والشمس (شكل ١١٣ د) وأشجار البلوط الفلينى ، فهناك اختلاف موسمى فى نوع خلايا الفلين المكونة من الكميوم الفلينى ، ينتج عنه طبقات أو أشرطة من الفلين ، تمثل على الأرجح (حلقات سنوية) شكل ١١٧ ب . تبدو هذه الحالة بسهولة فى فلين الزجاجات ، حيث تشبه الحلقات السنوية فى الخشب . ويظهر تكون هذه الطبقات أيضا فى نباتات التامول (شكل ١١٣ د ، هـ) .

الفلين التجارى :

يبدوا أن لتكون طبقات البريډرم فى بلوط الفلين أهمية خاصة وينشأ الفلوجين أولاً فى طبقة البشرة ، مكونا للخارج كميات كبيرة من نسج الفلين ، وللداخل بضع طبقات من خلايا الفلودرم ، ويصمد هذا الفلوجين مدى الحياة . عندما تبلغ الشجرة حوالى العشرين عاما ، ويكون محيطها عندئذ حوالى ٤٠ سنتيمترا ، تنزع هذه الطبقة الخارجية والتي تسمى « الفلين البكر » بواسطة سلخها خلال طبقة الفلوجين أو الفلودرم . فنمو الخلايا المكشوفة من الفلودرم والقشرة ، وتتكون طبقة فلوجين جديدة على بعد بضعة مليمترات داخل القشرة . ويتكون بواسطة هذا الفلوجين فلين جديد ، بسرعة أكبر من تلك التي تكونت بها الطبقة الأولى ، ويمضى تسعة أو عشرة أعوام ، تكون طبقة الفلين قد أصبحت ، من حيث غلظها ، ذات قيمة تجارية فتنزع بدورها وهكذا . ويمتاز هذا الفلين من حيث النوع عن الفلين البكر ، الذى يكاد يكون عديم الفائدة ولكن بالرغم من هذا ، فإن طبقات الفلين التي تنزع بعد ذلك تفوقه من حيث الجودة . وتنزع هذه الطبقات فى السلخات التالية ، كل تسع سنوات ، حتى يصل عمر الشجرة الى ١٥٠ عاما أو أكثر . ويتوالى سلخ الفلين ، تظهر طبقات الفلوجين فى مناطق أعمق فى الأنسجة الحية وتستنفد القشرة ، وتفقد فى السلخات الأولى ، وتتكون طبقات الفلين التالية فى اللحاء الثانوى . ونتيجة لذلك يكون لطبقة القلف الفليني المسلوخة وجهان : وجه ناعم وهو الداخلى حيث حدث الانشقاق فى الفلوجين شكل (١١٧ ج) ، وجه خشن نتيجة لتشققه بالذبول والجفاف . ويظهر واضحا على السطح الخشن بقايا اللحاء الثانوى ، الذى مات نتيجة للتعرض بعد سلخ الطبقة السابقة (شكل ١١٧ أ) وتبدو من القطاع العرضى (شكل ١١٧ ب) تلك الأشرطة التي يرجح أن تكون طبقات سنوية . كما تبدو العديسات ويرجح أن طبقة البريډرم الأصلية ، قد تصمد مدى الحياة ، اذا لم تسلخ الشجرة مكونة « فلينا » ذا غلظ كبير .

ويعتبر بلوط الفلين المصدر الأساسى لمعظم الفلين المستعمل فى الصناعة والتجارة ، وقد كان للصفائح الفلينية الهشة ، التي كانت تؤخذ من نبات التامول الورقى^(١) والأنواع القريبة منها أهمية خاصة ، فى المدينة الهندية الأمريكية ،

(١) *Betula papyrifera*



(شكل ١١٧)

الفلين من نبات البلوط الفلبيني عند نزعها من الشجرة : (١) السطح الخارجى (الماسى) الدايل
بين الألياف وأزمة اللحاء الثانوى والأنسجة المنفصلة البنية نتيجة تكون الفلين تحتها . (ب) قطاع
مرضى بين « الحلققات السنوية » والمديسات في قطاع طولى وألياف اللحاء الممزقة عند السطح الخارجى
(ج) السطح الداخلى (الماسى) الناعم والتي متدها نومت طبقة الفلين من الشجرة وبين المديسات
في قطاع مرضى

ولكنها لا تستعمل في الوقت الحالى الا قليلا ومن الخصائص التى تجعل للفلين
التجارى قيمته ، عدم تفاعيته وخفته وهشاشيته ومروته .

المظهر الخارجى للبريدرم :

يمكن ملاحظة جميع مراحل تكوين البريدرم ، في شجرة معمرة طويلا ، ففي
شجرة الكمثرى مثلا تكون الأفرع الحديثة في بدء موسم النمو مغطاة بالبشرة
فقط . ثم تمتد من هذه الأفرع الى أسفل الساق ، حتى المنطقة التى يتراوح العمر
فيها ، بين سنة وثمانية أعوام ، منطقة مغطاة بالبريدرم الأول السطحى . الذى ينشأ
من البشرة وله سطح ناعم الملمس يميل للخضرة الرمادية أو الداكنة . ويمكن مشاهدة
البقايا الحشوية لطبقة البشرة وفي الجزء العلوى من هذه المنطقة . ويلى هذه
المنطقة الى أسفل ، منطقة أخرى قصيرة ، قد تكون فيها بریدرم داخلى
في مساحات صغيرة ولكن الطبقة الخارجية لم تتمزق بعد . وتتخذ الساق في هذه
المنطقة مظهر التبقع ، نتيجة لفقدان الأنسجة الميتة للونها ، لانزاعها في بعض
الاماكن ، طبقات البريدرم الداخلية . وقد يكون سطح البقع الميتة غائرا الى حد ما

نتيجة لانكماش النسيج الميت (شكل ١١٨ أ) ، وتندمج هذه المنطقة بالمنطقة التي تليها ، والتي تتميز بانفصال القشور الخارجية وسقوطها (شكل ١١٨ ب) . وفي الجذور الكبيرة يتخذ القلف أسفل هذه المنطقة شكل حواف بارزة ، غير واضحة تماما ، مكونة من البريديرم وأنسجة اللحاء الميتة .

ويتوقف نوع القلف المسن للنباتات المختلفة ، على عدد ومدى وطبيعة طبقات البريديرم من ناحية ، وعلى طبيعة أنسجة اللحاء والقشرة التي تنفصل مع تكون طبقات الفلوجين المتالية من ناحية أخرى . ففي نباتات كثيرة تتجمع أنسجة القشرة واللحاء الخارجية الى درجة كبيرة ، بحيث تتحول جميع الخلايا البرنشيمية الى سكلريدات . يحدث بعض هذا التحول قبل انفصال هذه الأنسجة بواسطة الفلوجين ، ويحدث بعضه بعد ذلك عندما تموت الخلايا . وتعزى الصلابة المتناهية لقلف بعض النباتات من جنس البلوط وجنس كاريا ونبات الاسفندان السكري^(١) الى هذه الكتل من الخلايا الاسكلرنشيمية . ويحتوى القلف اللين على طبقات لينة من الفلين وقليل من الكتل الاسكلرنشيمية في مانوليا أو مينا^(٢) وألماس الأمريكى^(٣) .

وتتأثر طريقة انفصال القلف باتساع طبقات البريديرم ومدى صلابتها « فالقلف الجرسى » أو القشرى ، الذى يظهر على الأجزاء الحديثة من الجذوع وعلى الأفرع لأشجار كثيرة ، مثل الاسفندان الأحمر ، والتفاح ، ينتج عن تكون طبقات من البريديرم ، في مناطق متباعدة ، تنفصل على هيئة قشور أو حراشيف . كما انفصل القلف في نبات من جنس كاريا ، على هيئة أشرطة ضيقة ، متصلة بواسطة نهاياتها العليا ، ويرجع ذلك الى تشقق البريديرم الى أشرطة عمودية طويلة من البريديرم ، والى توفر الألياف في اللحاء . وفي بعض أنواع البلوط الأحمر وأشجار أخرى كثيرة تكون طبقات البريديرم متماسكة ببعضها البعض ، وينتج عن ذلك أن يلتصق القلف بشدة الى الجذع ، ولا يسقط بل يتحلل تدريجيا على السطح .

وفي بعض النباتات يكون البريديرم طبقات انفصال كاملة تؤدي الى انفصال القلف الخارجى على هيئة صفائح . ففي نبات الشنار^(٤) يفصل القلف الخارجى

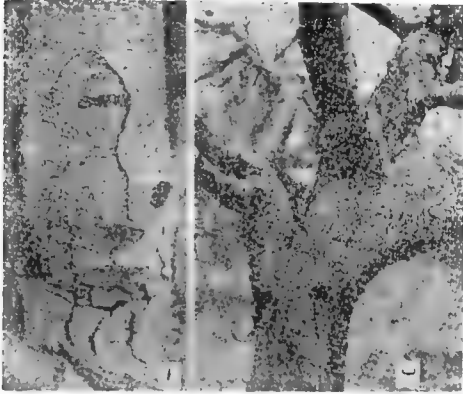
Magnolia acamintta (٧)

Acer saccharum (١)

Platanus (٤)

Qlmus americana (٣)

للجذع والأفرع الكبيرة في كل ربيع بهذه الطريقة وينفصل «القف الحلقى» في العنب



(شكل ١١٨)

جدوع الانجار الصغرة في أ - الكثرى ، ب - التفاح مبينة تشقق وقشر الانسجة الخارجية يبدو في أ البريدرم الحاربي نامما ومستمرًا ومشققًا ، وبدأت تظهر طبقات البريدرم الداخلية ويرى منها اثنان تحت منتصف الشكل ولد انفصلنا ويرى أيضا بقع من النسجة ميتة - وفي ب تظهر مراحل متدرجة من المرحلة الظاهرة في أ حتى المرحلة التي ينتشر فيها الجلع كثيرا على السطح كله

بطريقة مماثلة ولكن الأنسجة الخارجية تظل معلقة عادة ، على هيئة قشور بعض الوقت . وتحدث هذه الطريقة في سقوط القلف ، اذا تكون البريدرم بأحدى طريقتين : الأولى تكون فيها طبقة من خلايا رقيقة الجدر غير مسورة عن طريق الفلوجين بين طبقات من فلين قوى ، وفي الطريقة الأخرى تتكون خلايا ملبنة غليظة الجدر ، بين طبقات من نسيج فلينى رقيق الجدر . وفي الحالتين تشقق طبقة البريدرم تحت تأثير الرطوبة على النسيج غير المسور وأيضا بسبب التوتر الناتج من زيادة الساق في الغلط .

الطبقات الواقية في ذوات الفلقة الواحدة :

تعتبر البشرة المستديمة بما عليها من أدمة ، وبجدرها المكوتنة عادة تعتبر الطبقة الواقية الوحيدة في النباتات العشبية ، من ذوات الفلقة الواحدة ، وعندما تضعف هذه الطبقة أو تتمزق تسور خلايا القشرة التي تحتها عن طريق صفائح من السوربين على الجسدر السليلوزية كما يحدث في خلايا الفلين النموذجية . يحدث هذا بشكل شائع في فصائل النجيلية^(١) والأسلية^(٢) والبولية^(٣) وفصائل أخرى .

ويبدو أن هناك تباينا في تركيب الطبقات الخارجية للسوق الخشبية ، التي تعمر طويلا لنباتات ذوات الفلقة الواحدة . ففي كثير من الأحيان لا تتكون طبقة بريدرم نموذجية . أما في النخيل الملكي (جنس رويستونيا)^(٤) ، الذي تتميز جذوعه بالسطح الناعم الأبيض ، فتتكون طبقة بريدرم مستديمة بها طبقة فلين قوية تغطي السطح كله . وفي بعض أنواع جنس جوز الهند وبعض الأجناس الأخرى ، تتكون طبقات كاملة متتابعة من البريدرم وهذه الطبقات تفصل الطبقات الخارجية للساق بما في ذلك نهايات المسيرات الورقية ، وبعض حزم الساق ، مكونة بذلك طبقة شبيهة بالترتدوم ، محاكية لترتدوم ذوات الفلقتين . وللبعض الأجناس الخشبية طبقات خارجية كاملة من البريدرم ، كما في بعض أنواع الصبار ، التي بها تغليظ ثانوى خاص . وفي هذه الطبقات ، يتكون الفلين من طبقات من خلايا رقيقة متبادلة مع خلايا الجدر (شكل ١١٩ ج) .

الفلين المصفوف :

• في كثير من ذوات الفلقة الواحدة ، التي يحدث بها تغليظ ثانوى مثل دراسينا والكركم وبعض أنواع الصبار ، تتكون الطبقة الواقية أساسا من فلين مصفوف . ويختلف هذا الفلين عن فلين طبقات البريدرم النموذجية ، في منشئه وفي ترتيب صفوفه القطرية . ففي البريدرم النموذجي تكون خلايا الفلوجين صفوفًا كاملة من خلايا فلين متشابهة الى حد كبير (شكل ١١٢ أ ، ب) . وتترتب الخلايا المنشئة أى خلايا القشرة الابتدائية في الفلين المصفوف في خط متقطع غير منظم وتكون كل خلية عن طريق الانقسام المماسى عددا محدودا من خلايا الفلين (بين ٣ و ٨) .

Juncaceae (٢)

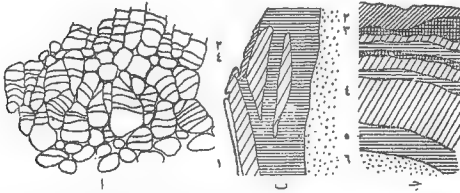
Roystonia (٤)

Gramineae (١)

Typhaceae (٣)

كما تختلف خلايا الصف الواحد المتكونة بهذه الطريقة في الحجم والشكل .
ويبدل حجمها وترتيبها على نشأتها من خلية والددة واحدة (شكل ١١٩ أ) .
أما الأحزمة أو الأشرطة المماسية المتكونة من هذه الخلايا ، فتكون « أدوارا
أو صفوفًا » وهذه الأحزمة غير منتظمة الحدود ، وذات اتساع غير محدود ،
كما أنها تضم خلايا من القشرة غير منقسمة تسورت وامتزجت جانبا أو قطريا ،
بأحزمة أخرى مماثلة (شكل ١١٩ ب ، ج) ، ويتكون بالتتابع القطري لهذه
الأحزمة ، نوع من الفلين ، يكاد يقتصر على ذوات الفلقة الواحدة .

وتتكون طبقات الفلين المصفوف الواحدة تلو الأخرى في مناطق تتدرج
في العمق في نسيج القشرة ولكن حوافها لا تلتحم طبقا لنظام مميز ، كما في ذوات
الفلقتين والمخروطيات . ويتربك الرتدوم المتكونة في ذوات الفلقة الواحدة من
طبقات غير منتظمة ومتراكمة تتبادل فيها خلايا الفلين المصفوف مع خلايا القشرة
غير المسورة وخلايا القشرة المسورة والمفتتة (شكل ١١٩ ج) وبذلك تصبح
هذه الطبقة كتلة معقدة من نسيج وافي يفتقر الى كمال طبقات الفلين ، الذي يميز
سوق النباتات الخشبية التي تنتمي الى المجموعات النباتية الأخرى .



(شكل ١١٩)

في نبات الكرم : قطاع عرضي في جزء من القشرة يبين الفلين المصفوف وقد تابع الانقسام المماسي
في طبقة غير منتظمة من هذه الخلايا . (ب) في نبات كوردلين الاسترالي : قطاع قطري في ساق يبين
طبقة من الفلين المصفوف (e) وهو يضم مجموعات من خلايا القشرة المسورة غير المنقسمة (٤) ، (١)
البشرة . (ج) في نبات كوردلين أنديزا : قطاع عرضي في الساق يبين الطبقة السطحية المكونة من
خلايا مفتتة (٢) متبادلة مع طبقات مماسية من خلايا القشرة (٣) وخلايا من القشرة غير منقسمة
ومسورة (٤) وقليل مصفوف (e) والقشرة (٦)

وظيفة البريدرم :

ان أهم وظيفة للبريدرم ، هي وقاية الأنسجة الداخلية من الجفاف ، عن طريق
الطبقات الفلينية والطبقات المسورة . وتستطيع طبقات الفلين الغليظة ، أن تقوم

بقسط وافي من الوقاية ضد الأضرار الميكانيكية ، التى قد تحدث للأنسجة الداخلية . وبالإضافة الى هذا فللبريدرم وظائف وقائية أخرى فى الأجزاء المختلفة للنبات ، ففى الثمار والدرنات تقوم طبقة البريدرم فى أحيان كثيرة مقام بشرة متكونة تكوتنا ثقيلًا أو متأدمة كما فى بعض أنواع التفاح (شكل ١٢٢ ج) والبطاطس العادية (شكل ١١٤) . وفى بعض غار المناطق الاستوائية مثل الزبدية^(١) أو غار كالوكاريم ماموزم^(٢) تتكون طبقات فلين سطحية جيدة التكوين ، تضى على الثمرة لونا بيا رماديا ومظهرا خشنا . كما توجد أيضا طبقات فلين على السطح الخارجى لحراشيف البراعم ، فى عدة نباتات خشبية ، كما تتخذ طبقات الفلين ، شكل أجنحة أو حواف بارزة ، على كثير من الثمار الجافة (شكل ١٧١) كما أنها توجد فى حالات نادرة ، على الأوراق وأعناق الأوراق ، كما فى بعض أنواع جنس التين .

فلين الجروح :

تحصر احدى وظائف البريدرم الخاصة فى حماية الجروح ، عن طريق تكوين فلين الجروح اذ ينزل النسيج الميت عادة من الأنسجة السليمة ، بواسطة طبقة مسبورة ، تتكون من خلايا كانت موجودة أصلا ، ولكنها تغيرت كيميائيا . وقد يعقب هذا التغير تكوين طبقة فلوجين بين الطبقات البرنثيسية الحية ، التى لم تتأثر بالجروح ، ولكنها تكون متاخمة لها . هذه الطبقة تكون فلينا وفلودرما بالطريقة العادية فيلتئم الجرح . هذه الطبقة لا تقوم بمنع فقدان الماء من الجرح فحسب ، ولكنها تحمى الأنسجة السليمة من الإصابة بالفطريات والبكتريا أيضا ، ذلك لأن الفلين يقاوم بصفة خاصة فعل الكائنات الدقيقة .

ويمكن أن يتكون فلين الجروح فى أى جزء من أجزاء النبات ، على أن السهولة التى يتكون بها تختلف باختلاف النبات ذاته ، والعضو الجروح ، والأنسجة المجروحة ، والظروف المحيطة . ويتكون فلين الجروح بصفة عامة بسهولة فى النباتات الخشبية وذوات الفلقتين ، عنها فى النباتات العشبية وذوات الفلقة الواحدة . كما أنه قد يتكون فى الأوراق ، ولكنه يندر تكوينه فى النسيج السكرنثيسى — ومما يعوق تكوين فلين الجروح انخفاض درجة الحرارة ، ودرجة الرطوبة ، وذلك حتى فى النباتات التى يتكون فيها بسهولة مثل البطاطس .

العديسات :

يتكون في طبقات البريديم لجميع النباتات تقريبا رقعات صغيرة محددة بها خلايا مفككة ، تضم فيما بينهما كثيرا من المسافات البينية الصغيرة . تعرف هذه الرقعات بالعديسات وتكون أكبر قطرا من بقية البريديم ويرجع ذلك الى تمكك خلاياها وكبر حجمها ، وقد يكون ذلك راجعا الى زيادة عدد هذه الخلايا أيضا .

توزيع العديسات :

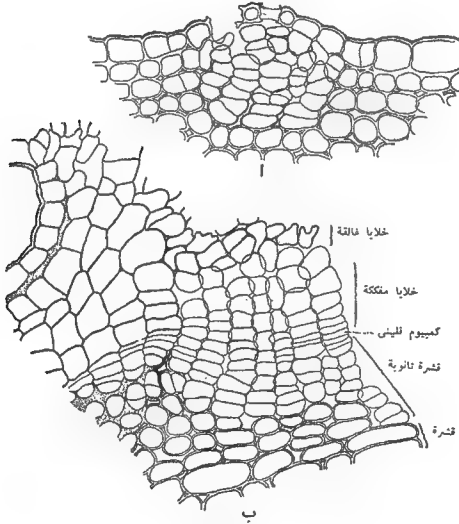
تظهر العديسات بشكل واضح ، على الفروع وعلى الأعضاء الأخرى ، ذات السطح الناعم على هيئة بقع فلينية مرتفعة نوعا ما ، حيث تبرز الأنسجة الداخلية خلال البشرة ، وتوجد العديسات بشكل عام تقريبا على سوق النباتات الخشبية . وقد زوى عن قليل من هذه النباتات عدم وجود عديسات بها . من بين هذه النباتات التوكوما والعنب وبعض النباتات الأخرى ، ومعظمها من الكروم التي تتلخص من الطبقات الخارجية للقلق كل عام ، وبذلك تحتفظ دائما بأنسجة جديدة على اتصال مباشر بالهواء الخارجى . كما توجد العديسات أيضا على جنور كثير من النباتات . وتعتبر العديسات الكبيرة في نبات التوت الأبيض^(١) من المعالم الواضحة على السطح البرتقالي اللون . كما ان « النقط » الموجودة على ثمار التفاح والبرقوق ، تعتبر من الأمثلة المألوفة للعديسات ، التي تظهر على الثمار .

ويختلف كثيرا عدد العديسات ، بالنسبة لوحدة السطح ، باختلاف النبات . ففي بعض النباتات ، تتكون عديسة واحدة تحت كل ثمر أو مجموعة من الثغور ، ولذلك يتوقف عدد العديسات في هذه النباتات على عدد الثغور أو عدد مجموعات الثغور . وفي نباتات أخرى قد تتكون العديسات بين الثغور ، وفي هذه الحالة يكون عدد العديسات نسبة صغيرة فقط من عدد الثغور . وفي السوق تكون العديسات عادة مبشرة ، ولكنها في بعض الأحيان تكون مرتبة في صفوف عمودية أو أفقية . وفي الحالات التي توجد فيها أشعة وعائية كبيرة عديدة الصفوف ، فإن العديسات تظهر في صفوف مقابل هذه الأشعة ، مما يوحي بأن الشعاع والعديسة يكونان معا مرات لتبادل الغازات بين الأنسجة الداخلية والجو الخارجى . وفي الجذور ، توجد العديسات مزدوجة على جانبي الجذور الفرعية ، بحيث توجد

واحدة على كل جانب - وفي الجذور الاختزائية كجذور الجزر ، توجد العديسات في صفوف عمودية ، في مكان صفوف الجذور الثانوية .

منشأ العديسات :

تنشأ العديسات في السوق الحديثة عادة تحت الثغور (شكل ١٢٠) مع تكون طبقة البريديم الأولى أو قبل ذلك مباشرة . ولما كانت العديسة جزءا من البريديم ، كما أن البريديم يمتد من أطراف العديسة للخارج ، لذلك يجوز القول بأن تكوين البريديم يبدأ بتكوين العديسات . ويختلف موعد تكوين العديسات



(شكل ١٢٠)

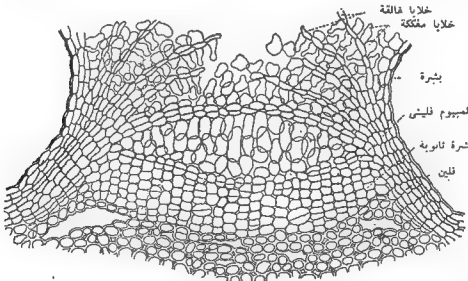
المرحلة الأولى في تكوين العديسة : (أ) بين ظهور اللوغين تحت الثغر وتكون الخلايا المتفككة الأولى وحسبها للبشرة ، (ب) بين العديسة وقد اكتمل نموها (نصفها فقط ظاهر بالشكل)

في النباتات المختلفة ، تبعا لعمر البشرة ، وفي معظم النباتات يبدأ تكوين العديسات أثناء موسم النمو الأول وأحيانا قبل أن يتوقف النبات عن الزيادة في الطول .

وعند تكوين العديسات في السوق تنقسم الخلايا الموجودة تحت الثغر ، أو تحت مجموعة من الثغور في اتجاهات مختلفة لتتكون كتلة من الخلايا المستديرة رقيقة الجدر ، تعرف بالنسيج المفكك . هذه الانقسامات الأولية يتبعها أجلا أو عاجلا ظهور طبقة عادية من الفلوجين في النسيج الداخلي الملاصق ، وفي هذه الطبقة يحدث الانقسام في الاتجاه العكسي فقط . وتكبر خلايا النسيج المفكك وتفقد مادة اليخضور ثم محتوياتها الحية وتصبح حينئذ خلايا ميتة خفيفة . ثم تتكون بعد ذلك خلايا مفككة اضافية تحت الخلايا الأولى ، وذلك عن طريق انقسام الفلوجين . بحيث تضغط هذه الخلايا ، عندما تصل الى حجم كبير ، على البشرة فتمزقها (شكل ١٢٠ أ) وتكشف بذلك كتلة النسيج المفكك . وباستمرار نمو الفلوجين ، تلتوى أطراف البشرة للخارج ، حول فتحة العديسة ، وتبرز من بينها الكتل الباهتة من الخلايا المفككة (شكل ١٢٠ ب) .

تركيب العديسات :

تبدو العديسة الكاملة التركيب عادة ، على هيئة كتلة من النسيج عديسة

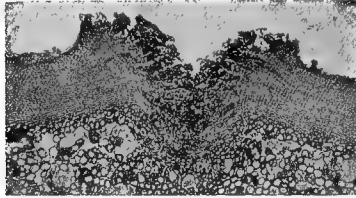


(شكل ١٢١)

عديسة في أحد نباتات جنس الشمش في قطاع عرضي للساق تبين تكوين عدد من الطبقات المتتامة من النسيج المفكك والنسيج الغائق ، كما أن طبقة كبيرة من الفلوردم قد تكثرت وانقسمت داخل القشرة

الشكل ممتدة داخل برنثيمة القشرة ورافعة سطح النبات للخارج (شكل ١٢١ و ١٢٢) وقد تكون العديسات طويلة أو مستعرضة تبعا لاتجاه التشقق في نسيج السوق فقد تكون مستعرضة أو طويلة . ويبدو أن هناك علاقة بين اتجاه العديسة ، ونوع الشعاع الوعائي المقابل لها في الداخل ، فالعديسات المستعرضة تكون غالبا متصلة بالأشعة وحيدة الصف والأشعة القصيرة الارتفاع ، أما العديسات الطولية ، فتكون غالبا متصلة بالأشعة المستطيلة ، والتي تسمى بالأشعة المركبة .

وعند تكوين العديسات ، لا يعطى الفلوجين خلايا فلين مسورة عادية ، ولكنه يعطى كمية ضخمة من خلايا غير مسورة . وقد تكون جميع الخلايا المعطاه للخارج من نوع واحد ، أى خلايا النسيج المفكك ، المستديرة ، رقيقة الجدر ، أو قد تتبادل مجموعات هذه الخلايا مع مجموعات أخرى من نسيج متماسك غزير يعرف باسم « الطبقات العالقة » .



(شكل ١٢٢)

عديسة عمرها بضع سنوات لساق صغرة لنوع من أنواع المشمش في قطاع عرضي لساق . والشكل يبين البريديم والطبقات المتبادلة من الخلايا المفككة والعالقة وظهور البريديم في طبقات واسعة

ولا تتماسك خلايا النسيج المفكك ببعضها بقوة ، وبذلك تكون فيما بينها ممرات هوائية فسيحة . ولهذا النسيج نوعان : نوع تتخذ خلاياه لتكون نسيجا متماسكا الى حد ما كما في الصفصاف . ونوع يتكون كلية من خلايا سائبة بحيث يصبح لهذه النسيج مظهر المسحوق ، كما في سوق التامول والمشمش (شكل ١٢١ و ١٢٢) ، وفي جذور بعض أنواع التوت . وفي هذه الحالة ، يستقر

النسيج المفكك المسحوق في مكانه بواسطة الطبقات الغالقة ، التى برغم غزارتها ومقدرتها على حفظ النسيج المفكك ، إلا أنها تعترضها ممرات هوائية قطرية ، كما تعترض الفلوجين نفسه . وباستمرار تكوين كتل جديدة من الخلايا المفككة تنزق الخلايا الغالقة . ففي موسم النمو تكون العديسة ممتلئة بالخلايا المفككة ، وجميع الطبقات الغالقة متمزقة ، وفى نهاية موسم النمو تتكون طبقة غالقة تسد جميع الممرات الهوائية ، فيما عدا المسافات البينية الدقيقة ، الموجود بين هذه الخلايا ، وفى الربيع يتكون النسيج المفكك بسرعة ، فيشق الطبقة الغالقة .

بقاء العديسات :

يتوقف بقاء العديسة على تكوين بريدرم داخلى ، ففي النباتات التى يتكون فيها بريدرم داخلى فى وقت مبكر ، تنزل العديسة ، وتضيع مع سقوط الأنسجة الخارجية . أما فى النباتات التى تصمد فيها طبقات البريدرم السطحية ، كما فى التامول واحد أنواع المشمش ، قد تستطيع العديسة أن تبقى لعدة سنوات . وفى مثل هذه الحالات تستطيل العديسة فى الاتجاه المماسى الى درجة كبيرة ، تبعاً لزيادة محيط طبقات البريدرم التى تسير النمو الثانوى . ولذلك يزداد اتساع طبقة الفلوجين فى العديسة ، عن طريق انقسام خلاياه انقساماً قطرياً ، بنفس سرعة انقسام بقية طبقة الفلوجين . هذه العديسات المستطيلة تكون علامات واضحة على التلف الناعم فى نباتات التامول والكريز^(١) وجذور الثوت .

ومع تكون البريدرم الداخلى تتكون عديسا جديدة عن طريق التخصص الوظيفى لبعض أجزاء الفلوجين . وتقع العديسات المتكونة فى الطبقات الغائرة تحت الشقوق التى تحدث فى القلف الخارجى بحيث يمكن تبادل الغازات خلالها . وتعتبر رؤية العديسات على القلف عندما يكون خشنا . وفى نبات بلوط الفلين ، حيث تصل ثخانة طبقة الفلين بضعة سنتيمترات ، تبقى العديسات مكونة كتلا اسطوانية ، من نسيج مفكك ، يصل الى السطح الخارجى للساق (شكل ١١٧ ب ، ج) . وهذا النسيج المفكك الذى يوجد مع العديسات ، هو الذى يكون تلك البقع الداكنة والمسامية ، والمكونة من نسيج مفتت فى الفلين التجارى . ولوجود هذا النسيج المنفذ والموضوع على شكل اسطوانات قطرية فى الساق ،

فان سدادات الزجاجات تقطع من ألواح الفلين عموديا ، بحيث تمتد اسطوانة العديسة داخلها عرضيا ، ونظرا لأن الواح الفلين حال نزعها من الشجرة ، لا تتعدى في ثخانتها ثلاثة سنتيمترات ، الا نادرا ، لذلك لا يمكن بهذه الطريقة العادية الحصول على سدادات من الفلين أكثر من ثلاثة سنتيمترات في سمكها . وبناء على ذلك يمكن الحصول على فلين أغلظ من ذلك ، اذا كان القطع قطريا من لوح الفلين ، ولكن في هذه الحالة تمر العديسات طويا ، وبذلك لا يكون الفلين محكما . ويقطع الفلين كبير الحجم عادة من ألواح من مطحون ومضغوط ، أو من ألواح من عدة طبقات ملتصقة ببعضها البعض ، ولا يعتبر هذا النوع من الفلين جيدا .

الانفصال :

لا شك أن سقوط بعض أجزاء النبات أمر شائع الحدوث في النباتات الوعائية . أما في النباتات العشبية الخولية ، فقد لا يسقط سوى القنابات أو الأجزاء الزهرية . وفي النباتات المعمرة التي يحدث فيها تجديد موسمي في نموها ، وعلى الأخص النباتات الحشبية منها ، فهناك فقدان مستمر لكثير من أجزائها المسنة . هذه الأجزاء قد تظل متصلة بالنبات الأصلي حتى تتحلل أو تجف وتزول أو أنها تسقط بعملية خاصة هي عملية « الانفصال » . وبهذه العملية تنزل عادة أوراق وأجزاء زهرية وفروع من النبات الأصلي ، ثم تتم حماية الأجزاء المكشوفة بعد ذلك عن طريق طبقة بريدوم .

انفصال الأوراق :

لا تنتزع أوراق معظم التريديات وكاسيات البذور العشبية بعد موتها ، ولكنها تتحلل تدريجيا وهي مكانها أو تنمق . أما أوراق عاريات البذور والنباتات الحشبية من كاسيات البذور بوجه عام ، وأيضا قليل من النباتات العشبية من كاسيات البذور ، فانها تنفصل عادة قبل موتها عن طريق تغيرات تركيبية في الأنسجة تحدث عند قاعدة الورقة ، كما أن بادرات بعض الأعشاب التي تتساقط أوراقها يظهر بها انفصال غير كامل ، أغلب الظن أنه أثرى في طبيعته .

ومع التباين في دقائق عملية الانفصال ، فانه يوجد عند قاعدة جميع الأوراق المتساقطة منطقة مستعرضة تسمى «منطقة الانفصال» . تختلف هذه المنطقة في تركيبها عن الأجزاء التي فوقها ، وتكون داخل هذه المنطقة لبضعة أيام أو بضعة

أسابيع ، قبل سقوط الورقة ، تتكون طبقة محددة تسمى « طبقة الانفصال » ويعتبر السبب المباشر في سقوط الورقة هو طريقة تركيب هذه الطبقة . وعند سقوط الورقة تنكشف الأنسجة الموجودة تحت طبقة الانفصال ، وتتم وقاية هذه الأنسجة من الجفاف أو الإصابة ، عن طريق واحدة أو أكثر من الطبقات الواقية ، والتي تقع واحدة منها على الأقل في داخل منطقة الانفصال . ويوجد نوعان من هذه الطبقات : طبقات واقية ابتدائية ذات أصل ابتدائي ، ويريدرم ذو أصل ثانوي .

وتعتبر منطقة الانفصال من حيث التركيب أضعف جزء في عنق الورقة ، ويسهل التعرف عليها من نضج الورقة . ويمكن تحديد موقعها من الخارج عن طريق وجود تجويف ضحل ، أو لاختزال في الحزم الوعائية ، وتضعف أو تنعدم فيها الأنسجة الاسكلرنشيمية ، كما أن النسيج الكولنشيى لا يوجد مطلقا ، وعلاوة على ذلك تحتوى بعض الخلايا البرنشيمية فيها على سيتوبلازم أكثر غزارة مما هو في برنشيمة الأجزاء الأخرى من العنق .

وتتكون طبقة الانفصال من بضعة صفوف من الخلايا . وتختلف هذه الخلايا عن الخلايا التي فوقها ، والتي تحتها ، في شكلها ، وفي صغر حجمها ، وفي احتوائها على كمية وافرة من حبوب النشا ، وعلى سيتوبلازم غزير . كما أنها تختلف أيضا ، من حيث استجابة جدرها للأصبغ المختلفة . وفي هذه الطبقة والطبقة التي تحتها ، تنسد عناصر التوصيل في الحزم الوعائية ، وعلى الأخص الخلايا الابتدائية بواسطة تيلوزات وأصماغ . وتستمر عملية التوصيل عن طريق العناصر الثانوية وذلك لحفظ الورقة ممثلة بالماء حتى سقوطها .

وقبل سقوط الورقة تنتفخ الصفائح المتوسطة والجدر الخارجية لخلايا طبقة الانفصال ثم تصبح هلامية ، وأخيرا قبل الانفصال مباشرة تتحلل وتنزوب . وفي بعض النباتات — وقد يكون هذا شائما — يتحلل الجدار الداخلى أيضا ، ولا يبقى سوى جدار سليولوزى رقيق حول البروتوبلازم وبذلك تصبح الخلايا منفصلة تماما الواحدة عن الأخرى . وتتركز جميع الخلايا البرنشيمية في هذه المنطقة بما في ذلك برنشيمة الأنسجة الوعائية بهذا التغير بحيث تصبح الورقة مرتكزة فقط على العناصر الوعائية ، وهذه تنقص في حينها بثقل الورقة وبفعل الرياح . وبناء على ذلك فالطقس الرطب يجعل بسقوط الأوراق ، لأنه يزيد في وزنها

يسقوط الماء عليها ، كما يسرع في عملية التحلل المائي للجدر الجيلاتينية للخلايا . ولكن الصقيع لا يعتبر عنصرا هاما في سقوط الأوراق لمعظم الأشجار . وان كان قد ذكر أن تكون بلورات ثلجية في طبقة الانفصال ، يعتبر من أهم أسباب سقوط الأوراق . ولكن أوراق معظم الأشجار تسقط عادة قبل هبوط درجة الحرارة فوق سطح الأرض الى درجة التجمد . وفي بعض النباتات مثل شجرة السماء ^(١) وكتلبه ^(٢) والآسر ^(٣) ، والكرز البري ^(٤) قد يسبب الصقيع سقوط الأوراق بهذه الطريقة ، اذا لم تكن الظروف مواتية لسقوطها ، في وقت مبكر . وعلى ذلك ، يمكن أن يعزى سقوط الأوراق الى انفصال راجع الى تغير في التركيب ، يتبعه تمزق ميكانيكى ، تعيقه أو تعجل به ، الظروف الخارجية .

وقد تكون الطبقات الواقية ذات أصل ابتدائي وأصل ثانوي معا (ابتدائية وثانوية النشأة) ، أو تكون ثانوية النشأة فقط . وتتكون الطبقة الواقية الابتدائية النشأة عن طريق تلجن وتسوير الخلايا البرنثيمية الموجودة أصلا في منطقة الانفصال ، وخلايا تكونت بالانقسام غير المنتظم لهذه الخلايا . ومهما يحدث من انقسام في الخلايا عند تكوين الطبقة الواقية الابتدائية فإن حجم النسيج لا يزداد نتيجة لهذا الانقسام ، وذلك لأن الخلايا المتكونة تتراحم في الجزء الذى كانت تشغلها الخلايا الأصلية .

وتختلف التغيرات التشريحية التى تحدث عند سقوط الأوراق باختلاف النبات ، وباختلاف الزمن في النبات الواحد . وتعطى النباتات الأربعة المبينة في شكل ١٢٣ أهم هذه الاختلافات :

جنس الكستنا :

تتكون طبقة الانفصال ، قبل سقوط الورقة مباشرة ، من الخلايا البرنثيمية الموجودة في منطقة الانفصال . وبعد أن تسقط الورقة ، تتلجن جدر الخلايا الواقعة تحت طبقة الانفصال وترسب طبقة رقيقة من السوبرين داخلها ، وتختفي محتوياتها الحية . وتكون بذلك طبقة واقية ابتدائية فوق الخلايا الداخلية غير المتحورة — وبعد سقوط الورقة تتكون على سطح الندبة طبقة رقيقة من

بقايا طبقة الانفصال . وخلال هذه الطبقات تمتد النهايات الممزقة للحزم الوعائية ، ولا تتصل طبقة البريديرم على الساق ، بالطبقة الواقية لنذبة الورقة . وعند نهاية الحريف ، حينما يتم تكوين الطبقة الملجننة المسورة ، تظهر طبقة بريديرم حقيقية في الخلايا الواقعة تحت هذه الطبقات . وتمتد طبقة البريديرم هذه ، خلال الحزم الوعائية ، عن طريق نشاط الخلايا الحية والتيلوزات الموجودة بالأوعية ، وعلى مثال طبقة الانفصال لا يتصل بريديرم نذبة الورقة بريديرم الساق — وتكون في السنة الثالثة طبقة بريديرم أخرى ، تحت الطبقة الأولى ، وعلى بعد منها ، وتتصل هذه الطبقة بريديرم الساق ، ثم يحدث أن يتلجنن ويتمسور النسيج الواقع بين طبقتي البريديرم مكان نذبة الورقة ، ويكون بذلك طبقة واقية ابتدائية داخلية (شكل ١٢٣ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤) .

ويبدو هذا النوع من الانفصال بسيطا بدائيا ، اذ تتكون في هذه الحالة ، قبل سقوط الورقة ، طبقة انفصالية فقط ، ولا يتضمن تكوين هذه الطبقة أو الطبقة الواقية الابتدائية أى انقسام في الخلايا ، كما لا تتكون أية طبقة واقية ، لا ابتدائية ولا ثانوية ، حتى تسقط الورقة ، وتبقى حول النذبة مساحة صغيرة دون وقاية بطبقات فلينية طوال فترة الشتاء .

جنس كتلبه :

يختلف الانفصال في جنس كتلبه في جنس الكستنا ، من حيث تكوين طبقة واقية ابتدائية بالإضافة الى طبقة الانفصال قبل سقوط الورقة . ويحدث في هذه الحالة انقسام في الخلايا ، أثناء تكوين كل من طبقة الانفصال ، والطبقة الواقية الابتدائية ، وتأخر طبقة البريديرم في الظهور بعد ذلك ، ولا يكون هذا عادة قبل العام الثاني (شكل ١٢٣ ب) .

جنس التامول :

ان أول تغير يمكن ملاحظته في منطقة الانفصال ، قبل سقوط الورقة ، في هذه الحالة ، هو الانقسام غير المنتظم في خلايا طبقة غليظة ، سرعان ما تصبح ملجننة ومسورة مكونة طبقة واقية ابتدائية . وبعد ابتداء هذه العملية مباشرة ، يحدث انقسام في الخلايا المجاورة الموجودة الى أعلى مكونة طبقة انفصال . وقبل سقوط الورقة مباشرة تتكون طبقة بريديرم رقيقة جدا تحت الطبقة الواقية الأولى ،

وتتصل ببريدرم الساق وفي هذه الحالة ، يمتد بريدرم الساق حتى طبقة الانفصال . وبعد سقوط الورقة ، يزداد البريدرم في الغلظ ، وتمر الحزم الوعائية وما يرافقها من خلايا سكلرنثيمية خلال طبقة البريدرم هذه . وفي العام الثاني تتكون طبقة بريدرم جديدة ، تحت الطبقة الأولى وتمتد خلال الحزم الوعائية ، وتتصل ببريدرم الساق .

ولا شك أن الظروف التركيبية المرتبطة بالانفصال والوقاية في جنس التامول ، أكثر تعقيدا بمقارنتها بالحالات الأخرى المشروحة آنفا . إذ تتكون خلايا جديدة في الطبقتين معا ، الواقية الابتدائية والانفصال . وبذلك توجد هاتان الطبقتان وطبقة البريدرم جميعا ، قبل سقوط الورقة ، كما توجد أيضا على بعد من طبقة الانفصال ، طبقة ملبنة ، وتوجد هذه الطبقة في كثير من الأحيان في نباتات أخرى (شكل ١٢٣ ج) .

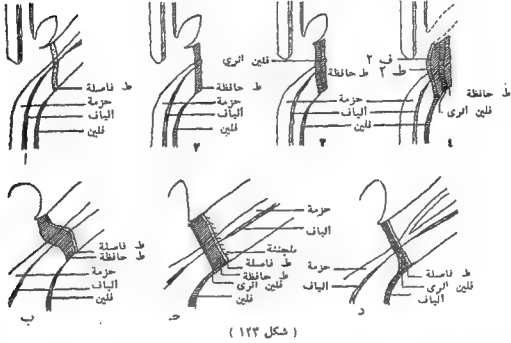
جنس الحور :

يحدث عند اقتراب سقوط الأوراق ، أن ينشط صفان أو ثلاثة من الخلايا في منطقة الانفصال . فتنقسم الخلايا البعيدة بغير نظام لتكون طبقة الانفصال ، أما الخلايا القريبة فتنقسم بانتظام لتكون طبقة الفلوجين ، وتصبح طبقة البريدرم المتكونة بهذه الطريقة مستمرة مع بريدرم الساق ، إذ تمتد طبقة البريدرم هذه الى طبقة الانفصال برغم بقاء نقطة التحام الطبقتين واضحة . ثم تتكون في السنة الثانية طبقة بريدرم أخرى تحت الطبقة الأولى .

وبذلك يحدث في نبات الحور ، أن تتكون طبقة الانفصال ، عن طريق اقسام غير منتظم في الخلايا ولا تظهر حينئذ طبقة واقية ابتدائية ، بل يتكون بريدرم قبل الانفصال ، وهذا البريدرم الأول يتصل ببريدرم الساق ، ويحتمل أن يكون هذا الاتصال المباشر لنسبة الورقة ببريدرم الساق نوعا راقيا من التراكييب الواقية . والمعروف حتى الآن ، أن لنباتي الصفصاف والحور وحدهما هذا النوع من الانفصال (شكل ١٢٣ د) .

وفي النباتات العشبية التي يحدث فيها انفصال للأوراق مثل نبات كولياس^(١) تكون طريقة انفصال الأوراق أساسا ، كذلك التي تحدث في النباتات الخشبية ،

فيما عدا أن طبقة الانفصال لا تتكون قبل سقوط الأوراق بوقت كاف ، كما يحدث في كثير من الأنواع الخشبية .



اشكال تخطيطية لانفصال الأوراق في النباتات الخشبية من ذوات الفلقتين : ١ ، ب الى د قطاعات قطرية في جزء المنطقة المقدية قبل سقوط الورقة ثم الى أ بعد سقوط الورقة (١) في نبات الكسنا أ بين امتداد طبقة الانفصال خلال الحزمة الوعائية ولا تحتوي الحزمة على خلايا سكلرنشيمية في منطقة الانفصال . ب بعد الانفصال مباشرة مبينا طبقة واقية ابتدائية تحت سطح الندبة . أ طور في أواخر الخريف مبينا بريدوم ندية الورقة تحت الطبقة الواقية الابتدائية أ طور السنة الثانية مبينا نفس الطبقات المبينة في أ وبالإضافة الى ذلك طبقة البريدوم ابتدائي وبريدوم ندية الورقة للسنة الثانية وقد انفصل هذا البريدوم الأخير ببريدوم الساق . (ب) في نبات كتلية : مبينا طبقة الانفصال وطبقة واقية ابتدائية . (ج) في نبات التامول : مبينا طبقة ملجننة وطبقة انفصال وطبقة واقية ابتدائية وبريدوم ندية الورقة متصلا ببريدوم الساق الذي يمتد الى طبقة الانفصال . (د) في نبات السور : مبينا بريدوم ندية الورقة تحت طبقة الانفصال مباشرة ومتصلا ببريدوم الساق الذي يمتد حتى طبقة الانفصال - (ط) طبقة انفصال ، ح . وحزمة وعالية م . سكلرنشيمية (ب . م) ببريدوم الساق ، ط . و . أ طبقة ابتدائية ٢ . ط . و . طبقة واقية ابتدائية للسنة الثانية . (ب . ن . و) ببريدوم ندية الورقة ٢ . ب . ن . و ببريدوم ندية الورقة للسنة الثانية . (ط . م) طبقة ملجننة

انفصال الأجزاء الزهرية :

يحدث في النباتات الزهرية أن تسقط الأجزاء الزهرية مثل البتلات والأسدية وفي أحيان كثيرة تسقط الأجزاء الزهرية الأخرى عن طريق الانفصال . ولا يختلف كثيرا انفصال هذه الأجزاء عن انفصال الأوراق في النباتات العشبية ، إذ تتكون فعلا طبقة انفصال ولكن ليس قبل سقوط الطرف الزهري بوقت طويل

كما أنه ليس هناك ذلك التخصص والتباين في الطبقات ، تلك الظاهرة التي تلازم انفصال الأوراق ، في نباتات ذوات الغلقتين الخشبية .

انفصال السوق :

قد تفقد كثير من النباتات - بالإضافة الى الأوراق والأطراف الأخرى - أجزاء من سوقها عن طريق الانفصال . قد تكون هذه الأجزاء غير ناضجة وقد تكون سوقا عشبية ليس لها نسيج وعائي صلد أو نسيج سكلرنشيمي ، كما في الأزهار والثمار الغضة ، كما أنها قد تكون ناضجة وخشبية وبها أنسجة صلبة جيدة التكوين كما في الفروع الورقية لنباتى الحور^(١) والدردار^(٢) وسوق المجموعات الشرية في نبات كستناء الحصان^(٣) وفي حوامل الثمار الناضجة في نباتات التفاح والكمثرى والبرقوق والجوز^(٤) .

وتسبب الظروف غير الملائمة للنمو عملية الانفصال أو تمجّل بها ، كما أن الظروف الملائمة تميل الى منع أو تأخير هذه العملية . كما أن الاقتدار الى التلقيح أو الاخصاب قد يسبب سقوط الأزهار . وقد تسبب الظروف السيئة للنمو سقوط الثمار الغضة (على أن العوامل التي تسبب سقوط الثمار الناضجة سواء كان ذلك مبكرا أو متأخرا لا زالت غير مفهومة فهما كاملا) وقد تسقط بعض الأجزاء المسنة عن طريق الانفصال .

انفصال السوق غير تامة النمو والسوق العشبية :

لا تظهر منطقة الانفصال بشكل محدد في السوق التي تحتوى على أنسجة رخوة ، كما أنها لا تظهر الا قبل الانفصال مباشرة ، ويختلف مكان ظهور طبقة الانفصال هذه ، حتى في النبات الواحد ، فمثلا في زهرة التفاح قد تتكون طبقة الانفصال في أى مكان في قاعدة الحامل الزهرى . وتمر خلايا طبقة الانفصال بتغيرات شبيهة بتلك التي تحدث عند انفصال الأوراق . اذ يحدث الانفصال بطريقة بسيطة وذلك بتكوين طبقة انفصال مباشرة قبل سقوط الأزهار والثمار الغضة وقمم السوق المورقة . وتتميز أجناس كثيرة من النباتات بسقوط أطراف سوقها . وليس لهذه النباتات نمو معين مثل شجرة السماء والتوت والماس^(٥) .

Elm (١)

Poplar (١)

Walnut (٢)

Horse chestnut (٢)

Ulmus (٥)

انفصال السوق الحشبية :

تستطيع نسبة بسيطة فقط من الفروع الصغيرة بالسوق الحشبية أن تبقى حية لمدة تزيد على بضع سنوات . اذ تتعلق الفروع الصغيرة الميتة بالأفرع الكبيرة والجذوع في معظم النباتات حتى تنكسر أو تتحلل . وفي نباتات أخرى مثل الحور ^(١) والماس ^(٢) والبلوط ^(٣) والأجاث ^(٤) يحدث سقوط الأفرع عن طريق الانفصال ولذلك توجد في هذه النباتات منطقة انفصال محددة تظل فيها الى درجة كبيرة الأنسجة الصلدة فتكون خلالها طبقة الانفصال . وفي جنس الحور والماس وبعض الأجناس الأخرى تكون الأفرع ، التي تنتزع بالانفصال قرب نهاية موسم النمو تكون حية وربما تحمل عددا كبيرا من الأوراق . ويختلف عمر الأفرع عند سقوطها من نبات الى آخر ففي نبات الحور يتراوح عمر الأفرع المنفصلة من عام الى عشرين عاما ، أما في نبات الماس الأمريكي ^(٥) فيتعذر أن يزيد عمر الأفرع المنفصلة عن سبعة أو ثمانية أعوام . كما يختلف أيضا حجم الأفرع المنفصلة باختلاف النباتات . ففي نبات الحور يصل قطر أكبرهما الى حوالي سنتيمترين عند الندة أما في الأجاث وكاستيلوا ^(٦) فيصل الى خمسة سنتيمترات .

ويستحسن لفهم انفصال السوق الحشبية ، أن توصف بالأمثلة . ففي نبات الحور من نوع جرانديدنتاتا ^(٧) تنتفخ الأفرع الصغيرة عند القاعدة حيث تتصل بالجذع والفروع الرئيسية (شكل ١٢٤) ويتركب معظم هذا الانتفاخ من قشرة ذات خلايا برنشيمية مغلفة وبها خلايا حجرية ، ولكن ليس بها الياف (شكل ١٢٥ أ) . كما أن الأوعية الحشبية تظل في العدد وتتكون بها نقر شبكية أو سلمية بدلا من النقر المنتدرة العادية (شكل ١٢٥ ب) . ويقل تلجنز الأوعية والألياف والخلايا الأخرى وتكون جذرها مكونة من سليولوز فقط تقريبا . كما يدل على ذلك تأثرها بالأصباغ . وتكثر الخلايا البرنشيمية في خشب هذه المنطقة أكثر من أي مكان آخر . وتتكون طبقة الانفصال في الخلايا الحية من هذه المنطقة سواء في الخشب أو في الأجزاء الأخرى . أما خلايا الخشب التي لا تتكون فيها

Ulmus (١)

Populus (١)

Agathis (٤)

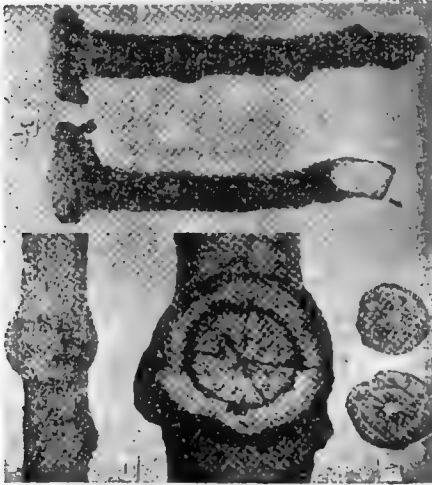
Quercus (٢)

Castilleja (٦)

Ulmus americana (٥)

Populus grandidentata (٧)

طبقة الانفصال كالأوعية والألياف ضعيفة التلجن ، فانها تنزق نتيجة لتكونها الكيميائي ولوجود التقر السلمي العرضي بها .

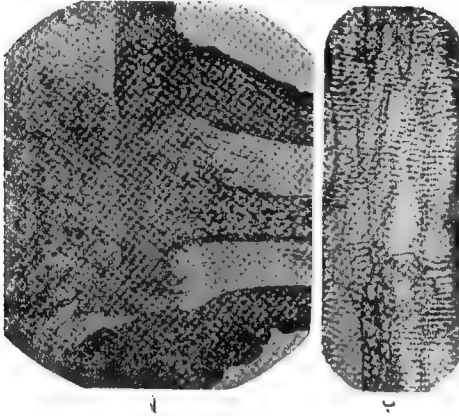


(شكل ١٢٤)

ندبات الانفصال على فروع نبات الحور مينة السطح الانس . (أ) الفرع الاسمي مينة الندبة المقعرة في منظر اسامي . (ب) فروع جانبية بين القواعد المنعجة والندبة المدية في منظر جانبي . (ج) ندبات على فروع منفصلة في منظر اسامي

وعند سقوط الفرع ، يكون سطحا الندبتين مساويين (شكل ١٢٤) وذلك لأن الانفصال يتد أساسا خلال الخلايا الحية الموجودة بالنسيج الوعائي ، وتبع أسطحها طبقة الانفصال المنحنية (شكل ١٢٤ أ ، ب) . وتكون علامة السطحين

الواحد بالآخر شبيهة بالملاقة بين الكره والمفصل ذى الوقبة^(١) ، فندبة الفرع المنفصل تكون ذات سطح محدب ، أما ندبة الفرع الأصلي فسطحها مقعر (شكل



(شكل ١٢٥)

انفصال الفروع في الحور (أ) قطاع نظرى في الفرع الاساسى والفرع الجانبي مبينا منطقة الانفصال وانتفاخ الفرع الجانبي عند القاعدة كما يبين القشرة البرنشيمية وبها سكريدات وليس بها البياض ويبين أيضا تفرع الاسطوانة الخشبية عند قاعدة الفرع الجانبي . (ب) أوعية سلمية منقورة مأخوذة من منطقة الانفصال في أ ومكبرة تكبيرا كبيرا

١٢٤ أ ، ب) . وبعد منقوطة الفرع أو قبله في بعض الأحيان ، تتكون طبقة بريدرم مستمرة مع بريدرم الفرع الأصلي في النسيج الحى الموجود تحت سطح الندبة مباشرة .

ولا يتحتم نتيجة تكون منطقة الانفصال في الأفرع الجانبية سقوط هذه الأفرع ، ففي نبات الحور مثلا — بالرغم من تكوين منطقة انفصال واضحة في جميع الأفرع الجانبية وما زالت غضة — فإن الأفرع التى تتعرض الى كمية وافرة

(١) Ball and socket joint

من الضوء وتنمو نمواً سريعاً لا تسقط ، بل يحدث أن تنطمر منطقة الانفصال الضعيفة والمكونة من نسيج رخو ، ثم تتقوى عن طريق الحلقات السنوية من الخشب العادي التي يتكون بعد ذلك . وعندما تموت هذه الأفرع بعد أن تكون قد عمرت فترة من الزمن فإنها لا تنفصل بل تبقى حتى تتحلل .



(شكل ١٢٦)

تطاع فطرى في نبات الماس الأمريكى مار بمنطقة انفصال الفرع بعد تكوين نبتة البريدرم الواقعة . ويبدو من الشكل أن البريدرم (النسيج الباهت) قد امتد على سطح الندبة كله . كما تبدو البقايا الممزقة من النسيج الوعائى والقشرة على سطحه الخارجى وقد انفصلت بعد أن تكونت طبقة فلوجين تحت سطح الجرح بقليل . كما يبدو الفلين المتكون سميكاً فوق العمود الوعائى ومائلاً المنطقة الوسطى المقمرة وربما في المناطق القشرية

وفي نباتى الماس والبلوط تشبه عملية الانفصال الى حد كبير تلك التى تحدث في نبات الحور فيما عدا موضع تكوين البريدرم بالنسبة للجرح فإنه يظهر على غور بعيد في منطقة الانفصال (شكل ١٢٦) وفي نبات ديركا بالوستريس^(٧) يتكون البريدرم تحت الندبة فيفصل أطراف الأوعية والألياف المقطوعة ويقوم الى حد كبير بجملة طبقة الانفصال .

وهناك طريقة أخرى لانفصال الأفرع الحية ، تختلف عن الانفصال السابق وصفه ، وتوجد هذه الطريقة في بعض أنواع الصفصاف مثل الصفصاف الأسود والصفصاف الهش ، اذ لا تتكون منطقة انفصال بل تظهر فوق قاعدة الأفرع الصغيرة منطقة ضعيفة تكون القشرة فيها أغلظ بكثير منها في السلامية العادية ، وتفرق فيها القشرة واللحاء الى سكلرنشيمة متليفة ، في حين يوجد هذا النسيج بوفرة في غير هذه المنطقة من الفرع . كما أن الخشب يكون أقل تلجنا عنه في السلامية العادية . ونتيجة لهذا الضعف في التركيب ، فإن أى ضغط خارجي يسبب تمزق الفرع عبر المنطقة الضعيفة ، ولا يتبع سقوط الفرع في هذه الحالة تكوين طبقة بريدرد ملساء فوق الجرح ، كما هي الحال في بعض النباتات التي تنفصل فروعا ، وتبقى قاعدة الفرع كتوء ميت ثم تنظم بعد ذلك عن طريق النمو الثانوى للساق الرئيسية .

وقد يحدث تحت الظروف الملائمة ، أن تبقى الفروع التي تتكون فيها مثل هذه المناطق الضعيفة مدى الحياة . كما يحدث في الفروع التي بها مناطق انفصال . وفي هذه الحالة يضاف خشب جديد كل عام حتى تصبح فروعاً قوية .

وفي حامل الثمرة الناضجة في نبات التفاح ، تتكون منطقة انفصال عند اتحاد الحامل مع قاعدة مجموعة الثمار . ويشبه التغير الذي يحدث لهذه المنطقة ما حدث في مناطق الانفصال في الأفرع الخشبية بوجه عام أى اختزال الأنسجة الوعائية والليفية وزيادة كمية البرنشيمة . وعند النقطة التي تتكون فيها طبقة الانفصال يضيق الحامل الزهرى في القطر ويحدث التمزق خلال طبقة الانفصال والأنسجة الوعائية الضعيفة فيها ، أى اختزال الأنسجة الوعائية والليفية وزيادة كمية البرنشيمة . وعند المنطقة التي تتكون فيها طبقة الانفصال يضيق الحامل الزهرى في القطر ويحدث التمزق خلال طبقة الانفصال والأنسجة الوعائية الضعيفة فيها .

وقد تفصل النورات الناضجة بجملتها بطريقة ماثلة ، كما في النبات الكستناء والبلوط والصفصاف ، أو تظل متصلة بالنبات الأصلي ، حتى تسقط بالذبول أو التحلل ، كما في السماق^(١) وليلاك^(٢) .

المراجع — REFERENCES

- ARTSCHWAGER, E. F. : Anatomy of the Potato plant, with special reference to the ontogeny of the vascular system, *Jour. Agr. Res.*, **14**, 221-252, 1918.
- : Studies on the potato tuber, *Jour. Agr. Res.*, **27**, 809-835, 1924.
- BLOCH, R. : Wound healing in higher plants, *Bot. Rev.*, **7**, 110-146, 1941.
- CLEMENTS, H. F. : The morphology and physiology of the pome lenticels of *Pyrus Malus*, *Bot. Gaz.*, **97**, 101-117, 1935.
- DEVAUX, H. : Recherches sur les lenticelles, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 8 sér., **12**, 1-240, 1900.
- DOULIOT, H. : Recherches sur le periderm, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, **10**, 325-395, 1889.
- FOUILLOY, E. : Sur la chute des feuilles de certaines monocotylédones, *Rev. Gén. Bot.*, **11**, 304-309, 1899.
- GILSON, E. : La subérine et les cellules du liège, *La Cellule*, **6**, 67-114, 1890.
- HÖHNEL, VON, F. R. : Ueber den Ablösungsvorgang der Zweige einiger Holzgewächse und seine anatomischen Ursachen, *Mitt. Förstlich. Versuchswesen Oesterr.*, **1**, 255-282, 1878.
- : Ueber den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt, *Sitzungsber. Kais. Akad. Wiss.*, **76**, 507-662, 1877.
- KLEBAHN, H. : Die Rindenporen. Ein Beitrag zur Kenntniss des Baues und der Function der Lenticellen und der analogen Rindenbildungen, *Jenaische Zeitsch. Naturwiss.*, **17**, 537-592, 1884.
- KUHLE, F. : Ueber Entstehung und Verbreitung des Phelloderms, *Bot. Centralbl.*, **71**, 81-87, 113-121, 161-170, 193-200, 225-230, 1897.
- LEE, E. : The morphology of leaf fall, *Ann. Bot.*, **25**, 51-106, 1911.
- LLOYD, F. E. : Abscission in *Mirabilis Jalapa*, *Bot. Gaz.*, **61**, 213-230, 1916.
- MACDANIELS, L. H. : Some anatomical aspects of apple flower and fruit abscission, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **34**, 122-129, 1937.
- MASSART, J. : La cicatrisation chez les végétaux, *Mém. Cour. et autres Mém. Acad. Roy. Belgique*, **57**, 3-68, 1898.

- MOHL, VON, H. : Ueber die anatomische Veränderungen des Blattgelenkes welche das Abfallen der Blätter herbeiführen, *Bot. Zeit.*, **18**, 1-7, 9-17, 1860.
- : Einige nachträgliche Bemerkungen zu meinem Aufsatz über den Blattfall, *Bot. Zeit.*, **18**, 132-133, 1860.
- : Ueber den Ablösungsprocess saftiger Pflanzenorgane, *Bot. Zeit.*, **18**, 273-277, 1860.
- MYLIUS, G. : Das Polyderm. Eine vergleichende Untersuchung über die physiologischen Scheiden: Polyderm, Periderm, und Endodermis, *Bibl. Bot.*, **79**, 1-119, 1913.
- NAMIKAWA, I. : Contributions to the knowledge of abscission and exfoliation of floral organs, *Jour. Coll. Agr. Hokkaido Imp. U.*, **17**, 63-131, 1926.
- OLIVIER, L. : Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **11**, 5-133, 1881.
- PARKIN, J. : On some points in the histology of monocotyledons, *Ann. Bot.*, **12**, 147-154, 1898.
- PTEIFFER, H. : Die pflanzlichen Trennungsgewebe, *In* Linsbauer, K. : "Handbuch der Pflanzenanatomie," V, 1928.
- PHILIPP, M. : Ueber die verkorkten Abschlussgewebe der Monokotylen, *Bibl. Bot.*, **92**, 1-28, 1924.
- PRIESTLEY, J. H., and L. M. WOFFENDEN : Physiological studies in plant anatomy, V, Causal factors in cork formation, *New Phyt.*, **21**, 252-268, 1922.
- SAMPSON, H. C. : Chemical changes accompanying abscission in *Coleus Blumei*, *Bot. Gaz.*, **66**, 32-53, 1918.
- TISON, A. : Recherches sur la chute des feuilles chez les dicotylédonées, *Mém. Soc. Linn. de Normandie*, **20**, 121-327, 1900.
- VAN TIEGHEM, P. : Sur les diverses sortes de méristèles corticales de la tige, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 9 sér., **1**, 33-44, 1905.
- WEISSE, A. : Ueber Lenticellen und verwandte Durchlüftungseinrichtungen bei Monocotylen, *Ber. Deut. Bot. Ges.*, **15**, 303-320, 1897.
- WETMORE, R. H. : Organization and significance of lenticels in dicotyledons, *Bot. Gaz.* **82**, 71-88, 113-131, 1926,

الفصل العاشر

الجذر

يطلق على ذلك الجزء من محور النبات ، الذى ينمو عادة تحت سطح التربة ، لفظ « الجذر » ، وذلك تميزا له عن الجزء الهوائى من المحور ، المعروف ، بالساق . وبديهى أن هناك جذورا هوائية ، كما أن هناك سوقا أرضية ، غير أنه من وجهة النظر التشريحية ، توجد فروق أساسية بين الجذر والساق ، فى ترتيب وطريقة تكوين الأنسجة الابتدائية : فالخشب الابتدائى فى الجذر خارجى الخشب الأول ، وذلك على النقيض من الحالة الداخلية للخشب الأول الموجودة فى الساق (عاريات وكاسيات البذور النموذجية) ، كذلك ترتب الأنسجة الوعائية فى الجذر ترتيبا قطريا ، فى حين أن حزم الساق جانبية ، أو جانبية ذات الحائىن ، أو مركزية . بالإضافة الى ذلك ، تختلف الجذور عن السوق فى أنها لا تحمل زوائد تقابل الأوراق ، ولا تعطى أزهارا بصورة مباشرة ، ولا توجد بها ثغور ، وتكون فروعا جانبية من نسيج دائم نسبيا فى البرسيكل ، أكثر منه من المرستيم الأولى عند القمة النامية . وثمة اختلافات أخرى هى وجود القلنسوة الجذرية ، وهى تركيب غير موجود فى السوق اطلاقا ، ووجود الاندودرمى بصورة عامة تقريبا ، وهو كثيرا ما يكون غير ممثل فى الساق ، كما أن طبقة البداءات البريديرية ، تنشأ فى الجذور من البرسيكل عادة ، وهى حالة لا توجد فى الساق الا نادرا .

وظيفة الجذر : للجذر وظيفة مزدوجة . فهو من الناحية الفسيولوجية عضو النبات الماص ، يمتص الماء والأملاح الذائبة ويوصلها الى الساق ، كما أنه يعمل كعضو ادخار للمواد الغذائية التى تنتقل اليه من الأوراق . أما من الناحية الميكانيكية ، فانه يثبت النبات ويحفظ الساق فى وضع يمكن معه حمل مساحة ورقية كبيرة . والجذر من الناحية التركيبية ، ذو أثر فعال فى التدعيم بالنسبة لقدرة على الشد ، وقابليته للالتواء ، وكثرة تشعبه داخل التربة . ويحدث الجزء الأكبر من الامتصاص بالانتشار ، خلال جدر الشعيرات الجذرية ، هذا على الرغم

من أنه في بعض النباتات - كأنواع جنس الشقيق^(١) مثلا - تكون الشعيرات معدومة ، ويدخل الماء الى الجذر خلال البشرة الرقيقة . وقد يمتص الماء أيضا بشرة الجذر ، في المنطقة البعيدة عن منطقة الشعيرات الجذرية . وفي العادة تكون الجذور المسنة، والجذور التي حدث فيها تغلط ثانوى ، غير قادرة على الامتصاص لوجود البريدرم ، وتؤدى فقط وظائف التوصيل والتدعيم والادخار . وقد يحدث الادخار في قشرة لحاء وخشب الجذور النموذجية ، أو في الجذور للحمية المتخصصة ، كجذور البطاطا والجزر . ويوجد أيضا نشا كثير في جذور النباتات العشبية المعمرة ، في وقت كمون القمم أو عدم وجودها .

الشكل العام للجذور : الجذور على درجة كبيرة من التنوع ، في الشكل والتركيب . وقد يرتبط هذا التنوع مباشرة بالوظيفة أو يكون من خصائص النوع . والجذور ذات الوظيفة أو التركيب الواضح هي الجذور الاختزائية ، واللحمية ، والليفية ، والمائية ، والدعامية ، والوتدية ، والهوائية ، والماسكة . وتوجد عادة في الأنواع المختلفة من النباتات مجموعات جذرية ذات تركيب وصفات مميزة ، غير أن العوامل البيئية - وبخاصة رطوبة التربة ونوعها - قد تحدث تغيرا كبيرا . فالنباتات التي تنمو في تربة جافة ، مثلا ، تحتوى عادة على مجموع جذرى منمد الى درجة تفوق كثيرا نباتات نفس النوع ، التي تنمو في تربة رطبة . وفي بيئة طبيعية تعيش فيها أنواع مختلفة من النباتات تكون التربة مشغولة بمجموع جذرية متباينة - فبعض الأنواع يشغل سطح التربة ، بكتل من الجذور الليفية ، وبعضها ذات جذور وتدية متفرعة ، الى فروع متباعدة ، تشغل أجزاء التربة الأكثر عمقا ، أما الأعشاب الصغيرة ، فتشغل الجيوب السطحية بمجموع جذرية موسمية أو مؤقتة .

وتفاوت طول الوقت الذى يقوم فيه الجذر بوظيفته ، كعضو ماص ، على حسب نوع النبات . ففى كثير من النباتات العشبية ، وبخاصة الابصال الربيعية والأزهار ، والأعشاب ذات الجذور الاختزائية ، تنمو الجذور الليفية تنمو سريعا لوقت قصير ، ثم تموت بعد ذلك . وجذور الزنابق والرجس ، يبدأ فيها النمو في الخريف ، ويستمر في الربيع المبكر . ثم تموت في الصيف المبكر . وقد يوجد في النباتات الخشبية أيضا تجدد حولى لجذور صغيرة أو « طامعة » تموت في نهاية

فصل النمو ، تاركة الجزء المستديم من المجموع الجذرى . ومن المحتمل أن يوجد فى معظم النباتات المعمرة تجدد للجذور « الطاعمة » .

الجذور الابتدائية والثانوية : يعرف الجزء من المحور الرئيسى للنبات الذى ينمو الى أسفل فى التربة بالجذر الابتدائى ، وفروع هذا الجذر الثانوية . وتختلف الجذور الابتدائية والثانوية فى طريقة نشأتها . فالجذر الابتدائى موجود فى المراحل المبكرة للبادرة ، وفى بعض النباتات يكون موجودا فى الجنين داخل البذرة . وتتشأ المنطقة القمية النامية فى الجذر الابتدائى كجزء من الجنين ، ويكون لأحد طرفى المحور تركيب جذرى ، أو على الأقل مرستيم القمة الجذرية . أما أصل الجذور الثانوية كتركييب جانبية ، فستأتى دراسته فى هذا الفصل .

وتتكون بين الجذر والساق منطقة انتقال أو تحول ، يتحول فيها الخشب ، خارجى الخشب الأول ، والتركيب القطرى الخاصان بالجذر ، الى التركيب العادى للساق .

النشوء التكوينى للجذر : المراحل المبكرة فى تكوين الجذور ، مشروحة فى الفصلين الثالث والخامس ، ويتضمن الفصل الرابع دراسة تكوين بعض الأنسجة الابتدائية ، والانتقال من المرستيم الأولى الى الأنسجة المستديمة فى الجذور يشبه مثيله فى السوق . ويكون الترتيب القطرى للخشب واللحاء الابتدائيين ، وكذلك يكون التكتشف فى اتجاه المركز ، واضحين بمجرد تميز خلايا الكيمبيوم الأولى . وأولى الخلايا البالغة هى عناصر اللحاء الأولى . وتستمر خلايا منشئة البشرة فى الانقسام بجدر متعامدة الى أن تنضج الخلايا الوعائية التى تكونت مبكرا . وعندما يتوقف الانقسام فى هذه الخلايا ، يبدأ تكون الشعيرات الجذرية . وتشبه أنسجة الجذر الابتدائية البالغة - باستثناء ترتيب الأنسجة الوعائية ونظام تكوينها - مثلاتها فى الساق . ويكون النخاع غير موجود عادة فى جذور ذوات الفلقتين - الا فى الجذر الابتدائى للبادرات وبعض الجذور الاختزالية - غير أنه يوجد بصفة عامة فى ذوات الفلقة الواحدة .

القلنسوة الجذرية : يوجد التركيب المتخصص المعروف بالقلنسوة الجذرية على قمم الجذور فى كل النباتات تقريبا . وقد سبقت دراسة الطريقة التى تنشأ بها القلنسوة فى الفصل الثالث . وتعمل القلنسوة كغلاف واق ، متجدد

باستمرار ، يقى مرستيم الجذر الابتدائي ، عندما يدفع داخل التربة . وخلايا القلنسوة الجذرية بسيطة ، وتكون نسيجا برنشيمايا متجانسا عادة ، خلاياه قصيرة العمر . وليس لهذه الخلايا ترتيب معين أو قد ترتب في صفوف متجهة الى الخارج بعيدا عن البداءات . وفي بعض الأجناس التى تحتوى على مثل تلك الصفوف قد تبرز الكتلة المركزية بترتيب أكثر تحديدا وتعرف حينئذ بالعميد . وفي بعض الأحيان يتبر هذا التركيب المفتقر الى التحديد ، كمنطقة موجهة لقمة الجذر ، غير أن وظيفة التوجيه لا يمكن أن تعزى الى هذا الجزء من القلنسوة ، لأن كثيرا من النباتات لا توجد بها مثل تلك المنطقة ، كما أن بعضها يحوى جميع المراحل في تميزها . (وقد اقترح مصطلح جديد هو ، ستالاس^(١) ليحل محل مصطلح « العميد » الذى يستخدم بطريقة مخالفة في علم الشكل) .

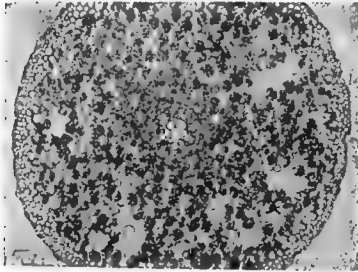
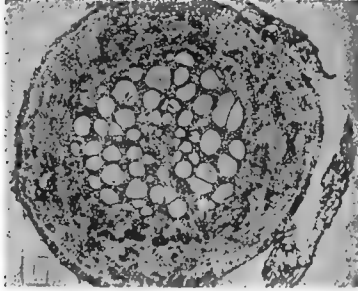
وتتجدد تركيب القلنسوة بصورة مستمرة ، فخلاياها الخارجية — التى تموت ويتمكك بعضها من بعض — تسقط بتفتتها وانحلالها ، ويحل محلها عند سقوطها خلايا جديدة ، تكونها البداءات . ومما يذكر أن الخلايا الخارجية المفككة للقمة ، ذات طبيعة مخاطية . وتوجد القلنسوة فيما يبدو فوق جميع الجذور ، فيما عدا جذور بعض النباتات المتطفلة وجذور النباتات ذات الجذر فطريات . وتحتوى جذور بعض النباتات المائية ، على قلنسوات أثرية وهى حديثة ، غير أنه سرعان ما تموت البداءات ، وتختفى القلنسوة .

الشعيرات الجذرية : ان أهم الخواص المميزة لبشرة الجذور ، هى الجدر الخلوية غير المتكوتة ، وعدم وجود الكيوتيكل ، ووجود الشعيرات الجذرية (شكل ٧٨) ، وهى الأعضاء الماصة المتخصصة . وتنحصر الشعيرات الجذرية فى الغالبية العظمى من النباتات فى جزء من الجذر ، يوجد الى الخلف قليلا من القمة ، حيث تكون الاستطالة قد توقفت . وهى تدوم ، بوجه عام ، لوقت قصير فقط ، ثم تذوى الشعيرات الجذرية السنة ، أو تتحلل وتتكون بعيدا عنها شعيرات جديدة ، على طول الجذر ، كلما ازداد فى الطول . وبهذه الطريقة تنضج الشعيرات الجذرية تدريجيا ، كلما بعدت أكثر فأكثر عن قاعدة الجذر ، وتتصل على الدوام بتربة جديدة . وفى بعض النباتات ، وبخاصة بعض الأعشاب المتخصصة والنباتات المائية ، لا توجد شعيرات جذرية ، وحتى الجذور التى

تتكون فيها عادة شعيرات جذرية عندما تنمو في التربة ، قد تفتقر اليها عندما تنمو في الماء . وعلى النقيض من ذلك ، يوجد في عدد من النباتات - مثل نبات جلدتسيا^(١) ونبات يوباتوريوم^(٢) ونبات شيزيا^(٣) - شعيرات جذرية دائمة ، قد تكون موزعة بوجه عام، أو محصورة الى درجة كبيرة في أجزاء الجذور القريبة من المركز . ويرتبط وجود الشعيرات الجذرية الدائمة بالنمو الثانوى القليل أو المهدوم وبغياب البريدريم . وبعد توقف الشعيرات الجذرية عن تأدية وظيفتها وسقوطها مباشرة ، تتسور البشرة ، أو طبقة تحت البشرة في أكثر الأحيان ، مكونة طبقة واقية للجذر الأكبر سنا . وفي بعض النباتات ، كقصيلة الوعلان^(٤) وبعض ذوات الفلقة الواحدة المتصلة بها ، تكون طبقة تحت البشرة شعيرات جذرية ثانوية في منطقة الشعيرات الجذرية الابتدائية القديمة .

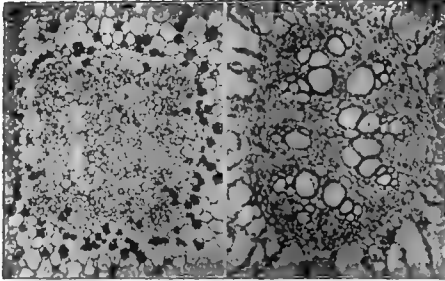
• وعند تكوين الشعيرة الجذرية ينمو الجدار الخارجى لخلية البشرة ، مكونا تركيا أنوبيا ضيقا يشبه الى حد ما أنبوبة اللقاح . والجدار الخلوى رقيق جدا وشفاف ، يكسب الشعيرة الجذرية مظهرا أبيض . ويمتد بروغوبلازم خلية البشرة داخل الامتداد الأنوبى مكونا طبقة رقيقة من السيتوبلازم تبطن الجدار كله ، وتغلف الفجوة الكبيرة الداخلية . وتوجد النواة عادة بالقرب من وسط الأنبوبة أو طرفها البعيد . وعندما توجد الشعيرة الجذرية في الماء أو الهواء الرطب ، حيث لا تعوقها عوائق صلبة ، تكون مستقيمة وتتخذ وضعاً قائم الزاوية على محور الجذر . أما في التربة ، فإنها قد تتخذ أى شكل ما ، ويعتمد شكلها على اتصالها بحبيبات التربة (شكل ٧٨) . وفي أكثر الأحيان ، تلتصق الشعيرات الجذرية بحبيبات التربة التصاقا وثيقا ، لدرجة أنه يصعب إزالة تلك الحبيبات حتى بالغسيل .

قشرة الجذر : تتكون قشرة معظم الجذور كلية أو الى درجة كبيرة من خلايا برنشيمية غير متخصصة نسبيا (شكلا ١٢٧ و ١٢٨) . وقشرة الجذر بالنسبة لحجم المحور أغلظ منها في الساق عادة ، ومن ثم تؤدي وظيفة الادخار بصورة أفضل . وفي بعض الجذور اللحمية يبلغ غلظ القشرة عدة مرات غلظ العمود الوعائى ، الذى يبدو كخيوط أو عمود تحيل ممتد داخل نسيج القشرة . وقشرة



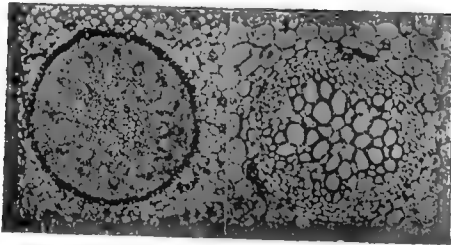
(شكل ١٢٧)

تركيبها الجذر كما يرى في القطاع العرضي ١ ، جلد خشبي لأحد أنواع جنس الحور يحتوي على قدر كبير من الأنسجة الثانوية ، ويوضح تكون البريندوم في البريسكل كما تبين انسلخ القشرة . ب ، جلد أحد أنواع جنس الشقيق لا يحتوي على أنسجة ثانوية ، ويوضح أن العمود الوعائي للأسطوانة المركزية خماسي الحزم ، والقشرة البرنشيمائية لحمية ، تحتوي على مسافات بهنية كبيرة ، وتنبوبر طبقاتها الخارجية مكونة تحت بشرة ، أما البشرة فمتحللة . (الأجزاء المركزية لجذور مماثلة مكبرة في شكل ١٢٩ ، ١٢٨ د على التوالي)



١

٢



٣

٤

(شكل ١٢٨)

التركيب الابتدائي للمعود الرعالي في الطود . ١ ، جلد حديث من نوات الصفات السود (١)
ريش الحرم ، وفيه تكون الأجزاء الخارجية فقط من أشرطة اللحاء في السائمة ، ويظهر اللحاء بصورة
من البرشمية والكيميوم الأولى ، ويظهر الأندودرس ذو الجدر الرقيقة بوضوح . ب ، جلد
عديد الحرم من جنس بوليجونام (٢) ويوجد فيه نخاع صغير منتظم ، واللحاء والأندودرس غير
متميزين من الخلايا المحيطة بوضوح . ح ، جلد عديد الحرم من أحد أنواع سميلاكس (٣) ، وفيه يبدو
أشرطة اللحاء مضطربة بلون داكن ، وأشرطة الخشب متميزة بصورة من الأسكرنسمة الظهيرة ليجاً ،
غير أن منطقة الخشب الأول الداكنة الاصطباع ، والأوعية الداخلية البنية بصدان الأشرطة ، ويوجد
بالجلد نخاع كبير ، كما أن الأندودرس ذا الجدر الخلقية يبدو واضحاً ، د ، جلد خماسي الحرم
لأحد أنواع جنس الشقيق ، لا يوجد فيه نخاع

Polygonatum biflorum (٢)

Salix nigra (١)

Smilax herbacea. (٣)

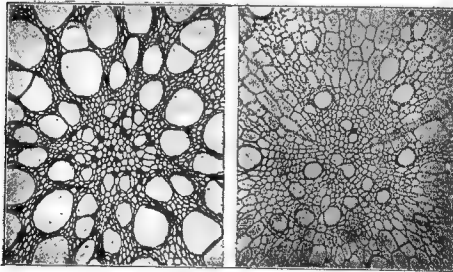
الجذر - بصفة عامة ليست بمثابة القشرة في ساق نفس النوع وذلك لأن الاسكلرنشيمية ، توجد فيها بكمية قليلة نسبيا ، أو تكون معدومة . كذلك لا يكون نسيج القشرة في الجذور كثيفا كقشرة الساق ، وذلك لاحتوائه على مسافات بينية أكثر . وتوجد عادة في قشرة الجذر في كثير من الأنواع النباتية خلايا افرازية ، وقنوات راتنجية ، وتراكيب أخرى ماثلة وفي الجذور التي لا تحتوى على نمو ثانوى ، قد تبقى القشرة لمدة سنين أو طول حياة الجذر . وتوجد تلك الحالة في جذور ذوات الفلقة الواحدة ، والترديدات ، وكثير من ذوات الفلقتين العشبية . أما اذا تكون نمو ثانوى بأية درجة - كما في ذوات الفلقتين الخشبية وعاريات البذور ، وفي كثير من الأعشاب - أو عندما تكون طبقة بيردوم داخلية ، فإن القشرة سرعان ما تتمزق .

وينحد القشرة من الداخل طبقة الاندودرمس (شكل ١٢٨) ، وهى غالبا ما تعتبر جزءا منها . وتوجد هذه الطبقة بدون استثناء تقريبا في الجسم الابتدائى للجذور . وقد سبق ذكر تركيبها ووظيفتها في الفصل الخامس : ويتمزق الاندودرمس بعد حدوث النمو الثانوى مباشرة ، ومن ثم تكون حياته الوظيفية قصيرة ، في الجذور التي تحتوى على نمو ثانوى .

البريسيكل في الجذر: البريسيكل في الجذور ، اذا قورن بالقشرة ، عبارة عن منطقة من النسيج ضيقة نسبيا . والخلايا المكونة له برنثيمائية الى درجة كبيرة ، وهى على الرغم من أنها تصبح مستديمة ، في وقت مبكر أثناء تكوين الجذر ، الا أنها تتحول سريعا الى الحالة المرستيمية ، وتنشئ تراكيب جديدة يتكونها مرستيمات ثانوية . فالجذور الجانبية تنشأ من البريسيكل ، كما تتكون فيه أيضا في معظم النباتات طبقة البريدرم الأولى . وفي كثير من النباتات يكون البريسيكل ، كما يرى في القطاع العرضي ، عبارة عن حلقة متصلة من النسيج ، غير أنه في نباتات قليلة تتصل أشرطة الخشب الابتدائى باندودرمس ومن ثم ينتجاً البريسيكل الى عدد من الأجزاء مساو لعدد أشرطة الخشب . والبريسيكل ، بوجه عام ، تركيب مستديم في الجذور حتى اذا كان التخلط الثانوى جيد التكوين ، وذلك لاضافة خلايا جديدة بانقسام البرنثيمية الموجودة ، ومن ثم لا تتمزق طبقته نتيجة النمو الداخلى . وهو ، من الوجهة التركيبية ، يشبه قشرة الساق

بعد نموها في ظروف مماثلة . ومع استمرار النمو الثانوى في جذور النباتات الخشبية المسنة ، تتكون طبقات البرديرم في اللحاء ، ويسقط البريسيكل .

الأنسجة الوعائية الابتدائية للجذر : بالنظر للترتيب القطرى للخشب واللحاء الابتدائيين الذى تتميز به الجذور (شكل ١٢٨) ، فانه لا توجد فيها مناطق أو حلقات مركزية من هذه الأنسجة تشبه تلك التى توجد فى الساق . ويكون الخشب — كما يشاهد فى القطاع العرضى — مجموعات من الخلايا ممتدة قطريا . وعند تكوين هذه الأشرطة من الخشب الابتدائى تكون أولى خلايا الكمبيوم الأولى التى تنضج الى خشب ، هى تلك الموجودة فى منطقة البريسيكل التالية للاندودرمس . ومن نقط الابتداء هذه تأخذ خلايا الخشب فى النضج تدريجيا



أ

ب

(شكل ١٢٩)

الاجزاء المركزية لجذور ذات أعمدة وعائية أولية ، تحتوى على تفلظ ثانوى . ١ ، جدر خشبى لاجد انواع جنس الحور ، وىامى الحزم ، وتمتد اطراف الخشب الاول المستدقة ذات الخلايا الصغيرة لمسافة بعيدة داخل الخشب الثانوى ، الذى يحيط بالخشب الابتدائى ، ولا يوجد حد فاصل الا عند قمة الخشب الابتدائى ب . جدر اختزانى لثوم من جنس نفروزيا^(١) ، ثلاثى الحزم ، خشب الابتدائى صغير الكمىة ، يحتوى على وءام مركزى ، وتوجد قمة الخشب الاول عند اطراف اشعة الخشب البرنسيمائية الواسعة ، ويتكون الخشب الثانوى الى درجة كبيرة من البرنسيمية .

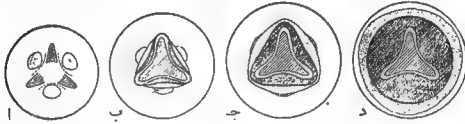
في اتجاه مركز العمود الوعائي (شكل ١٣٨ أ ، ب) حتى تلاصق في معظم النباتات مجموعات الخشب الأخرى (شكلا ١٣٨ د ، ١٣٩ أ) . ونظرا لهذا التتابع في التكوين ، يكون أول ما يتكون من خلايا الخشب الأول موجودا عند الأطراف الخارجية . لأشرطة الخشب (شكل ١٣٨ أ ، ب) . ولا يوجد في معظم الجذور نخاع ، غير أن جذور ذوات الفلقة الواحدة وبعض نباتات أخرى ، وبخاصة الأعشاب ، كثيرا ما تحتوى على نخاع (شكل ١٣٨ ب) حتى عندما تكون الجذور لنفس النبات بدون نخاع .

وتفاوت عدد أفواس أو أشرطة الخشب تفاوتا كبيرا ، في المجموعات المختلفة من النباتات . ففي جذور ذوات الفلقة الواحدة ، يكون عدد الصفائح القطرية للخشب الابتدائي في أكثر الأحيان خمس عشرة أو عشرين . وفي معظم ذوات الفلقتين ، خشبية وعشبية ، وفي عاريات البذور ، يوجد عدد قليل نسبيا من أشرطة الخشب الابتدائي . وتحتوى التريديات أيضا على عدد قليل من الأشرطة . وتعرف الجذور بأنها أحادية ، أو ثنائية ، أو ثلاثية ، أو رباعية ، أو خماسية ، أو عديدة الحزم ، عندما يكون عدد مجموعات الخشب واحدة ، أو اثنتين ، أو ثلاثا أو أربعة ، أو خمسا ، أو عديدة على التوالي (شكلا ١٣٨ و ١٣٩) . وعدد أشرطة الخشب واللحاء ثابت في بعض الأنواع ، غير أن معظم الأنواع على درجة كبيرة من التنوع ، فمثلا ، تكون اما ثنائية الحزم أو رباعيتها ، أو ثلاثية الحزم أو سداسيتها ، وفي أحيان قليلة ، قد تكون خماسية أو سداسية . وغالبا ما تكون جذور النبات الواحد المختلفة متنوعة في التركيب ، ففي بعض الصنوبريات على سبيل المثال ، تكون الجذور القوية والرئيسية رباعية الحزم ، أما الأخرى فثنائية ، وفي أقواع أخرى من الصنوبر توجد جذور سداسية الحزم ورباعيتها .

والعناصر الحلزونية والحلقية في الخشب الأول للجذور أقل كثيرا في العدد منها في الخشب الأول للسوق ، ويحتمل أن يكون ذلك ، نتيجة لأن عددا من عناصر الخشب ، ينفج أثناء مرحلة الاستطالة ، فيكثر تكوينها في المنطقة الموجودة الى الخلف مباشرة من منطقة الاستطالة ، حيث لا تكون هناك استطالة . ومنطقة الاستطالة في السوق سريعة النمو قد يكون ٨ و ١٠ سنتيمترات أو أكثر ، على حين تبلغ في الجذور سنتيمترا واحدا أو أقل . والمنطقة التي يبلغ فيها الامتصاص أقصاه ، وهي المنطقة المغطاة عادة بالشعيرات الجذرية ، توجد خلف المنطقة التي

يحدث فيها نمو في الطول . ومن الواضح أن وظيفة العناصر الحلقية والحلزونية في الساق ، هي توصيل الماء والمواد الغذائية الى القمة النامية . أما قمة الجذر فهي — على التقىض — محاطة بالتربة وتمتص الماء والمواد الغذائية مباشرة .

ويوجد اللحاء الابتدائي في الجذور ، على هيئة أشرطة من النسيج ، ترقد بين صفائح الخشب الممتدة قطريا أو تتبادل معها (شكلا ١٢٨ أ ، ب ، ١٣٠ أ) . وفي العادة تكون مجموعات خلايا اللحاء الابتدائي ، كما ترى في القطاع العرضي ،



(شكل ١٣٠)

رسم تخطيطي يوضح نشأة النمو الثانوي في الجذور ، الخشب الابتدائي مخطط بخطوط متبادلة ، واللحاء الابتدائي منقط تنقيطا دقيقا ، أما الثانوي فمتنقط تنقيطا غير دقيق ، والكبيوم ممثل بخط ثقيل ، أما الاندوديرمس والطبقات الأخرى فغير موضحة . ١ ، جذر حديث ، فيه الخشب الداخلي غير بالغ ، وقد نشأ الكبيوم في الفراغ الموضحة بالخطوط المتقطعة ، ب ، الكبيوم وقد كون خشبا ولحاء ثانوي تحت اللحاء الابتدائي ، حيث ظهر أولا ، ولما جانيا ، محيطا بقمم أشرطة الخشب ، حيث لم يتكون بعد أي نسيج ، وفي هذه المرحلة يسحق اللحاء الابتدائي ، ج ، النمو الثانوي مستمر ، ويلاحظ أن الأنسجة المتكونة حول أشرطة الخشب تكمل أسطوانة الخشب واللحاء الثانويين الثلاثية الزوايا ، وفي هذه المرحلة يزداد سحق اللحاء الابتدائي ، د ، وباستمرار النمو الثانوي تصبح أسطوانة الكبيوم مستديرة في القطاع العرضي ، ويختفى اللحاء الابتدائي . (شريط البرنشيمية المثل بين الخشب الابتدائي والخشب الثانوي غير موجود مادة)

مستدير تقريبا أو مثلثة الشكل الى حد ما ، يفصلها عن مجموعات الخشب نسيج برنشيماتي . وفي أكثر الأحيان ، لا تكون مجموعات الخلايا اللحائية متميزة بوضوح بل تنغمس في البرنشيمية المحيطة التي تشبهها . وأولى الخلايا المتكونة هي أنابيب غربالية ضيقة جدا ، سرعان ما تسحق وتمتص . والاتجاه الذي تتضج فيه خلايا اللحاء الأول يكون عادة ، وربما دائما ، ناحية الداخل . وليس لنظام التكشف ، على ما يبدو أهمية مورفولوجية ، ولا تتميز أنواع كالتى توجد في الخشب .

ويتركب اللحاء الابتدائي في جذور كاسيات البذور من أنابيب غربالية ، وخلايا مرافقة ، وخلايا برنشيمية ، وهو لا يختلف اختلافا جوهريا عن لحاء

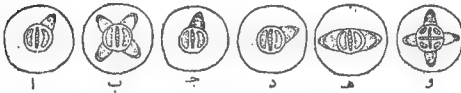
السوق في نفس النوع . وفي كل اللحاء الابتدائي ، في النباتات التي تتكون فيها أنسجة ثانوية ، يكون حجم العناصر صغيرا اذا قورن بحجم خلايا اللحاء الثانوى العادية . ولحاء جذور ذوات الفلقة الواحدة يكون في العادة متميزا من البرنثيمة والاسكلرنثيمة المحيطة به ، بصورة أكثر وضوحا ، مما في المجموعات النباتية الأخرى .

النمو الثانوى في الجذور : ينشأ الكميوم . في الجذور التي يوجد بها تفلظ ثانوى ، كأشرطة أو شرائح مرستيمية في أنسجة الكميوم الأولى ، أو الأنسجة البرنثيمائية الموجودة بين اللحاء الابتدائي ومركز العمود الوعائى (شكل ١٣٠ أ) وتتكون في هذه الحالة صفوف مماسية قصيرة من البداءات الكميومية ، التي تعطى خلايا خشب ثانوى ناحية الداخل ، وخلايا لحاء ناحية الخارج . ومن حدود هذه الشرائح الكميومية التي تكونت أولا تأخذ طبقة البداءات في الامتداد جانبا وذلك بتميز بداءات جديدة في البرنثيمة الموجودة بين أشرطة اللحاء والخشب الابتدائيين ، حتى تلتقى قطع الكميوم في البريسكل ، بين الخشب والاندودورمس (شكل ١٣٠ ب) . وبهذه الطريقة ، تتكون أسطوانة كميومية متصلة ، تبدو في القطاع العرضى متعرجة ، نظرا لأنها تحنى ناحية الخارج حول مجموعات الخشب الابتدائي ، ثم تتحد إلى الداخل تحت اللحاء الابتدائي . على أنه نظرا لأن الأنسجة الثانوية تتكون في وقت أكثر تبكيرا وربما بصورة أسرع من أجزاء الكميوم الموجودة إلى الداخل من اللحاء الابتدائي ، فإن الكميوم سرعان ما يصبح أسطوانيا (شكل ١٣٠) . ويتكون الأنسجة الثانوية ، ينسحق اللحاء الابتدائي (شكل ١٣٠ ب ، ح) ويتمزق الاندودورمس . وفي العادة تمتص الخلايا المسحوقة مباشرة . أما الخشب الابتدائي فيبقى كاملا ، ويرى بسهولة في الجذور المسنة محاطا بالخشب الثانوى (شكل ١٣٩ أ) .

ولا تختلف الأنسجة الوعائية الثانوية في الجذر اختلافا جوهريا عن مثيلاتها في الساق . ومن البديهي أن الاختلافات الموجودة تلائم التباين في الوظيفة ، فالساق تعمل كركيزة لمساحة ورقية كبيرة في الهواء الجاف . في حين يعمل الجذر كأداة تثبيت في التربة الرطبة وكعضو ادخار . وخشب الجذور ، اذا قورن بخشب السوق ، يحتوى على أوعية أكبر وأكثر عددا وذات جدر رقيقة ، كما يحتوى على الياف أقل ، وبرنثيمة أكثر ، وأشعة أكبر وأوفر عددا ، أما اللحاء فيحتوى

على خلايا اسكلرنشمية أقل وبرنشمية اختزائية أكثر . وترتيب عناصر الخشب واللحاء في الأنسجة الثانوية في الجذور يتفق في جوهره مع ترتيبها في سوق نفس النوع . *

تكوين الجذور الجانبية : سبق أن ذكرنا أن إحدى الخصائص التي تميز الجذور عن السوق ، هي طريقة تكوين زوائد المحور الجانبية . ففي السوق ، تتكون بداءات الفروع والأوراق في المرستيم القمي للقيمة النامية ، على حسب نظام معين . أما في الجذور ، فعلى النقيض من ذلك ، لا تتكون فروع أو زوائد من أى نوع في المرستيم عند القمة ، وعندما تتكون جذور جانبية ، فإنها تنشأ في أنسجة مستديمة نسبياً ، وبدون نظام محدود ، بالنسبة لبعضها البعض ، فيما عدا التعاقب القمي العادي . وتتكون الجذور الجانبية بصورة وفيرة عادة في المنطقة الموجودة خلف منطقة الشعيرات الجذرية مباشرة .



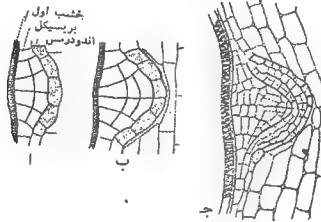
(شكل ١٤١)

وسوم لخطية توضع مواضع نشأة الجذور الجانبية . ١ - هـ ، المواضع المختلفة التي توجد في عاريات وكاسيات البذور عندما يكون الجذر محتوي على أقل من ثلاثة أشرطة من الخشب ، و ، الوضع (مقابل أشرطة الخشب) الموجود في جذور كل النباتات الوصلية التي تحتوي على ثلاثة أشرطة خشبية أو أكثر . (من فان بنجهم ودوليوت)

وتوجد شواذ في النباتات المائية ، كجنس الياسنت المائي^(١) ، الذي تنشأ فيه الجذور الجانبية من البرسيكيل غير البالغ ، أمام منطقة الاستطالة . ومن الواضح أن هذه النشأة تكون غير ممكنة في جذر محاط بترربة ، إذ أن الجذور الجانبية ، تمتد بزوايا قائمة على الجذر الوالد . وتتكون الجذور الجانبية بدورها شعيرات جذرية وجذورا جانبية فيما بعد . وبهذه الطريقة يصل المجموع الجذري المتفرع الى جميع أجزاء التربة المحيطة .

والجذور الجانبية داخلية النشأة ، بمعنى أن مرستيمات الجذور تتكون في الأنسجة الداخلية للجذر الوالد ، ولا يظهر الجذر الجانبى الى الخارج الا بعد بدء نموه بفترة وتنشأ المرستيمات في كاسيات البذور وعارياتها من البرسيكيل

داخل الأندودرمس مباشرة ، وفي التريديات يبدأ النمو في خلايا الأندودرمس ، وفي كل المجموعات النباتية ، تكون الخلايا الأصلية بالغة أو قريبة من ذلك .

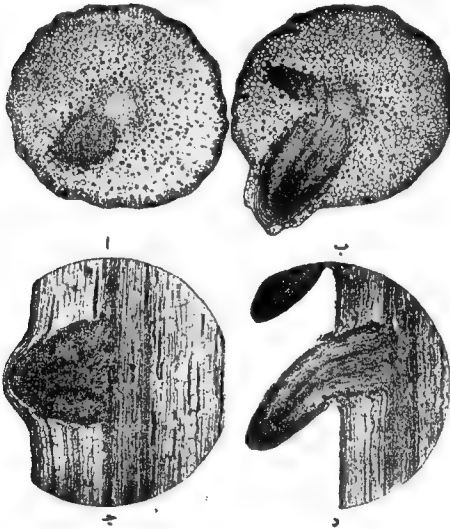


(شكل ١٣٢)

المراحل المبكرة في تكوين الجذر الجانبى ، كما يبدو في القطاع القطري ، جنس دمان الازهار . أ ، مجموعة من خلايا البريسكل وحيد الصف وقد كبرت قطريا وانقسمت انقساماً مماسياً ، ب ، الزيادة في الحجم والانقسام مستمران ، وقد تمدد الأندودرمس والشرة الخارجية ، هـ ، مرستيم القمة الجذرية وقد تكون صورة جيدة ، أما الأندودرمس فرمان ما يتمزق (من فان يتجه ودوليوت)

وتنشأ الجذور الجانبية في عاريات وكاسيات البذور مقابل أشرطة الخشب ، عندما يوجد ثلاثة أو أكثر من هذه الأشرطة (شكل ١٣١ و) ، أما في التريديات فتكون دائماً أمام أشرطة الخشب . وفي النباتات البذرية ، حيث الجذور ثنائية الحزم ، تخرج الجذور الجانبية بزاوية على أشرطة الخشب (شكل ١٣١ أ — هـ) . ويختلف موضع هذه النقاط ، إلا أنها تكون بين أشرطة الخشب واللحاء عادة . وعندما ينحصر تكوين الجذور الجانبية في المناطق المقابلة للخشب ، فإن هذه الجذور تبدو في صفوف رأسية ، مساوية في العدد لأشرطة الخشب . فالجذر رباعى الحزم ، مثلاً ، يحتوى على أربعة صفوف من هذه الجذور الجانبية . والجذور الجانبية التى لا تنشأ مقابل أشرطة الخشب توجد فى الأخرى فى صفوف . وفى أغلب الأحيان يمكن مشاهدة هذه الصفوف الطويلة بسهولة فى بعض الجذور الاختزائية، كالفجل والجذر البرى الأبيض واللفت، كما يمكن مشاهدتها فى جذور الصفصاف ، وغيره من النباتات ، التى تنمو فى الماء . ويتشوه الترتيب فى التربة ، إلا اذا كان قطر الجذر كبيراً .

وعند تكوين جذر جانبي ، تصبح خلايا الريسكل مرستمية في مساحة (دائرية في القطاع المماسي) ذات قطر يبلغ خلتين على الأقل . وتنقسم جميع هذه الخلايا انقساماً مماسياً (شكل ١٣٢ أ) ، وذلك قبل زيادتها في الاتجاه القطري أو بعدها . أما الانقسامات المتتالية ، فتحدث في أي مستوى . وعلى ذلك تتكون بسرعة منطقة نمو محددة بما فيها من بداءات خلوية، وقلنسوة جذرية ، وتركيب أخرى مميزة وعندما يتكون هذا المرستيم ، تمتط الأنسجة الخارجية (شكل



(شكل ١٣٢)

المراحل المتأخرة في تكوين الجذر الجانبي في نبات الصفصاف الأسود ١ ، ب ، قطاعات مرستية ، د ، د ، قطاعات قطرية . أ ، قمة الجذر الجانبي الحديث وهي تشق طريقها خلال القشرة ، قمة الجذر وقد دلت الطبقات الخارجية للقشرة والبشرة ناحية الخارج ، ونقلت خلالها ، د ، قمة الجذر الجانبي على وشك اختراق القشرة الخارجية ، د ، الجذر الجانبي متحرراً من الجذر الوالد ، ويوضح اتصاله بالأسطوانة المركزية

١٣٣ ب ، ج ، ١٣٣ ج) وسرعان ما تتمزق (شكل ١٣٣ ب) . ويشق الجذر طريقه — جزئياً فيما يبدو بامتصاص النسيج المحيط ، الا أن الجزء الأكبر يتم بالضغط الميكانيكى — خلال الأندودرمس والقشرة والبشرة ، ثم يستمر في نموه بالطريقة العادية . ومما يذكر أنه يوجد في بعض النباتات تحلل كيميائى جزئى لأنسجة القشرة بواسطة القلنسوة الجذرية وهى تشق طريقها للخارج . ولا يوجد ثمة اتصال بين خلايا البشرة في الجذر الجانبى ونسيج القشرة الممزق في الجذر الأصلى الذى يخترقه ، غير أنه عند طرف الجذر الجانبى القريب من المركز ، حيث نشأ المرستيم تتصل برنشيمية وعناصر الجذر الجانبى الوعائية اتصالاً وثيقاً بأنسجة الجذر الوالد ، ومن ثم تهيىء طريقاً للتوصيل . ومع تكوين النمو الثانوى يتصل كيببوما الجذرين ، وتتكون حلقات ثانوية تكون مستمرة حول نقطة انبثاق الجذر الجانبى . ولا تنمو جميع الجذور الجانبية بنفس السرعة ، فبعضها يدوم وينمو بسرعة ، مكوناً جزءاً من المجموع الجذرى للنبات ، على حين يبقى بعضها الآخر صغيراً أو يسقط جملة . وفى بعض النباتات ، وبخاصة في الجذور الاختزانية ، يوجد تجدد موسمى للجذيرات الثانوية .

الجذور العرضية : اصطلاح الجذور العرضية ، الذى يستعمل بغير دقة ، يتضمن الجذور التى تنشأ على السوق ، وتلك التى تنشأ في مناطق من الجذر الرئيسى ، غير منطقة البرسيكل ، خلف منطقة الاستطالة . وتلك الجذور أهمية في تكاثر النباتات ، وبخاصة في تجذير العقل الساقية وتكوين المجموعات الجذرية على العقل أو الطعوم الجذرية . وتعرف الجذور التى تنشأ في أنسجة الكالوس بالقرب من سطح مقطوع « بجذور الجروح » ، وذلك تمييزاً لها عن الجذور التى تنشأ من بداءات جذرية أو وسائل مرستيمية ذات تكوين سابق ، ويطلق عليها في بعض الأحيان مصطلح غير مناسب هو « الجذور المورفولوجية » ، أو التى تنشأ من مجموعات محددة من الخلايا ، تكون بوضعها وتركيبها ، قادرة على تكوين الجذور ، مع أنها قد تكون متميزة من النسيج المحيط .

وتنشأ جذور الجروح المثالية داخلياً ، بعد تكوين النسيج الوعائى في الكالوس القاعدى ، من مرستيم يمكن أن يعتبر كاستمرار للكيببوم . أما الجذور التى تتكون من بداءات جذرية ، فتنشأ في معظم النباتات في منطقة البرسيكل ، أو في اللحاء الثانوى ، كما يحدث في المحاور الأكبر سناً حيث يكون البرسيكل

قد فقد نشاطه . وتقترن البداءات الجذرية بالأشعة الوعائية فى كثير من النباتات الخشبية ، وهى موجودة غالبا فى منطقة العقدة ، وبخاصة فى الفرجات الورقية كما فى جنسى لويسرا^(١) وريباس^(٢) . أو فى فرجات الفروع كما فى جنس الصفصاف وكوتستر^(٣) ، غير أنها قد تنشأ فى السلامة كما فى جنس الصفصاف والخور . وفى النباتات العشبية ، تقترن تلك البداءات بالكميوم بين الخزمى (جنس بجونيا^(٤)) . والجذور التى تنشأ من البداءات الجذرية تكون فى بعض الأنواع أكثر أهمية فى انجاح الاكثار بالعقل الخشبية من جذور الجروح . وفى أنواع أخرى ، تسود جذور الجروح ، غير أنها قد توجد فى أنواع تسود فيها البداءات الجذرية ، وقد تظهر الجذور التى تتكون من البداءات الجذرية فى أنواع تفتقر اليها عادة . وفى بعض التريديات ونادرا فى كاسيات البذور ، تنشأ الجذور العرضية من خلايا القشرة الخارجية .

وتتفاوت الأنواع المختلفة تفاوتاً كبيراً فى السهولة التى يمكن بها استحداث التجذير على السوق أو الجذور . فبعض النباتات ، وعلى الخصوص فى جنس الصفصاف والريباس ، التى تحتوى على بداءات جذرية ذات تكوين سابق ، تكون بسهولة جذورا من العقل الساقية ، على حين أنه فى نباتات أخرى ، كالعقل الساقية لمعظم أنواع أجناس الكمرى والتفاح وكاريا^(٥) التى لا تحتوى على بداءات جذرية تتكون الجذور بصعوبة كبيرة أو لا تتكون على الاطلاق . وبعض العقل الجذرية ، كعقل جنس توت العليق ونبات سى كيل^(٦) ، تكون الجذور بسهولة فى حين أن عقلا أخرى ، كعقل جنس التفاح وكاريا ، تكونها بصعوبة . وتكون أوراق بعض النباتات ، مثل أجناس ييجونيا^(٧) وساتبوليا^(٨) وبريوفيلم^(٩) ، تكون جذورا من الحواف الورقية أو الأعناق . وتتغير القدرة على تكون الجذور بتغير العمر — فالبادرات — والنباتات المتجددة تكون جذورا بصورة أسير من النباتات المسنة .

Ribes (٧)
Bignonia (٤)
Sea - kale — Rubus (٧)
Saintpaulia (٨)

Lonicera (١)
Cotoneaster (٧)
Carya (٥)
Begonia (٧)
Bryophyllum (٩)

البريدرم في الجذور: تتكون — ان عاجلا أو آجلا — في أثناء تطور غالبية الجذور المعمرة، وبخاصة في ذوات الفلقتين وعاريات البذور التي يحدث فيها تغطيت ثائوى، طبقة بريدرم . وأول بريدرم يتكون في السوق ينشأ عادة في البشرة أو في طبقات القشرة التي تحتها مباشرة ، أما في الجذور ، فعلى الرغم من أن الطبقات الخارجية قد تسور ، فإن أول بريدرم حقيقى ينشأ في الطبقات الخارجية من البريسكل عادة ويقتى في النباتات الخشبية كطبقة مستمرة الامتداد لعدد كبير من السنين . ويتمزق الأندودرمس والقشرة ، وسرعان ما يتحللان، ومن ثم يصبح الجذر مغطى بغطاء ناعم، بنى اللون، من الخلايا الفلينية ، لا تقطعه الا العديسات . ولا تظهر العديسات بوضوح في جميع الأنواع ، الا أنها تبدو في البعض ، كجنس الثوت وجلدتسيا^(١) مثلا ، كبقع خشنة مستطيلة في الاتجاه المستعرض على سطح الجذر . ولا يختلف تركيب عديسات الجذور اختلافا جوهريا ، عن تركيب عديسات السوق . وفي بعض الأنواع ، تتراكم الخلايا المفككة لدرجة تبدو معها كتكتلة دقيقة في الفراغ العديسى . وفي الجذور الكبيرة لعدد من الأشجار ، يبقى البريدرم الأول الى ما لا نهاية ويكون القلف ناعما ، تظهر عليه عادة عديسات واضحة . وفي بعض الأشجار تتكون طبقات أخرى متتابعة من البريدرم ، يزداد تعمقها في كل مرة داخل اللحاء ، وذلك كما يحدث في السوق ، وتسقط الأنسجة الخارجية . ولا يتراكم القلف بشدة على الجذور ، وذلك لتحلل الأنسجة الميتة بسرعة داخل التربة . وعندما تعرى الجذور عند قاعدة شجرة ، يتكون قلف مماثل لما يوجد على الجذع .

وتوجد شواذ كثيرة للطريقة العادية ، التي يتكون بها البريدرم في الجذور . ففي الجذور التي لا تحتوى على تغطيت ثائوى ، قد تبقى البشرة كما هى ، وغالبا ما تتكون ، أو قد تسقط بالانحلال ويحل محلها كالطبقة المغلفة طبقة القشرة الابتدائية الخارجية التي تتكون ، كما في ذوات الفلقة الواحدة . وقد تغضن البشرة الخارجية في تلك النباتات وتختفى بعد توقف الشعيرات الجذرية عن تأدية وظيفتها مباشرة . وتعرف تلك الطبقة الواقية الاضافية التي تعمل كبشرة ، تعرف أحيانا بالاكسودرمس غير أنها ليست الا نوعا من طبقة تحت البشرة . وبالإضافة الى ذلك ، يستخدم مصطلح « اكسودرمس » أيضا للدلالة على طبقة أحادية

الصف توجد في بعض الجذور المتخصصة ، كالطبقة الداخلية للحجاب الجذري في جذور الأراشد والبشرة الدائمة، شائعة بوجه خاص بين جذور ذوات الفلقة الواحدة ويكون البريديم في هذه المجموعة من النباتات طبقة واقية في الجذور الأكبر حجما وسنا فقط ، كما في الفصيلتين القلقاسية^(١) والزنبقية . وفي ذوات الفلقتين المشبية تكون طبقة تحت البشرة هي الطبقة الواقية غالبا (شكل ١٢٧ ب) . وتوجد طبقات البريديم أيضا بكثرة في جذور الفصيلتين الربيعية^(٢) والجنطيانية^(٣) وغيرهما ، وتوجد هذه الطبقات في القشرة الخارجية ، بيد أنها لا تكون سطحية ، كما في ذوات الفلقة الواحدة . وفي النباتات التريدية لا يتكون بريديم في الجذور ، ولكن البشرة وطبقات القشرة الخارجية ، تتكون أو تتلجن دون تغير في حجم الخلايا أو شكلها . وتختلف الطبيعة الكيميائية لهذه الجذور الملجنه أو المتكوتة ، فيما يبدو من مثيلاتها في الخلايا المشابهة ، في معظم النباتات البذرية .

والأنواع غير العادية من التركيب موجودة في الجذور كما في السوق ، غير أنها في الجذور تقتزن أساسا بالأنسجة الثانوية كما في بعض نباتات رتبة مركزية البذور^(٤) ويشبه التركيب الشاذ في الجذور مثيله في السوق . وسيأتي ذكر ذلك في الفصل الحادى عشر .

وتبدى الجذور تخصصا كبيرا ، يرتبط بالظروف البيئية وبالوظائف الخاصة . ويحتوى الفصل الرابع عشر على دراسة للتحويلات الموجودة في بعض هذه الأنواع المتخصصة .

REFERENCES — المراجع

- ALTEN, H. : Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Wurzeln nebst Bemerkungen über Wurzelthyllen, Heterorhizie, Lenticellen, Göttingen, 1908.
- ESAU, K. : Developmental anatomy of the fleshy storage organ of *Daucus Carota*, *Hilgardia*, **13**, 175-209, 1940.
- : Vascular differentiation in the pear root, *Hilgardia*, **15**, 299-311, 1943.
- FLAHAULT, C. : Recherches sur l'accroissement terminal de la racine chez les phanérogames, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **6**, 1-168, 1878.
- FRIEDENFELT, T. : Der anatomische Bau der Wurzel in seinem Zusammenhänge mit dem Wassergehalt des Bodens, *Bibl. Bot.*, **61**, 1-118, 1904.
- JANCZEWSKI, DE, E. : Recherches sur le développement des racines dans les phanérogames, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 5 sér., **20**, 208-233, 1874.
- KROEMER, K. : Wurzelhaut, Hypodermis, und Endodermis der Angiospermenwurzel, *Bibl. Bot.*, **59**, 1-151, 1903.
- LEMAIRE, A. : Recherches sur l'origine et le développement des racines laterales chez les dicotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **3**, 163-274, 1886.
- MAXWELL, F. B. : A comparative study of the roots of the Ranunculaceae, *Bot. Gaz.*, **18**, 8-16, 41-47, 97-102, 1893.
- NÄGELI, C. : Ueber das Wachsthum des Stammes und der Wurzel bei den Gefäßpflanzen, *Beit. Wiss. Bot. (Nägeli)*, **1**, 1-156, Leipzig, 1858.
- and H. LEITGER : Entstehung und Wachsthum der Wurzeln, *Beit. Wiss. Bot. (Nägeli)*, **4**, 73-160, Leipzig, 1868.
- OLIVIER, L. : Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **11**, 5-133, 1881.
- PRIESTLEY, J. H., and R. M. TUPPER-CAREY : Physiological studies in plant anatomy, IV. The water relations of the plant growing point, *New Phyt.*, **21**, 210-229, 1922.
- SACHS, J. : Ueber das Wachsthum der Haupt und Nebenwurzeln, *Arb. Bot. Inst. Würzburg*, **1**, 384-474, 585-634, 1874.
- TUBEUF, C. : Die Haarbildungen der Coniferen, V. Die Wurzelhaare der

- Coniferen, *Förslich. Naturwiss. Zeitsch.*, **5**, 173-193, 1896.
- VAN DER LEE, H. A. A. : Onderzoekingen over de vegetatieve vermenigvuldiging van houtige gewassen, 1. Over de wortelvorming van houtige stekken. Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt, No. 1. Overdruk uit Deel 28 der Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool te Wageningen (Nederland).
- VAN TIEGHEM, P. . Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 5 sér., **13**, 5-314, 1870.
- and H. DOULIOT : Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes dans les plantes vasculaires, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **8**, 1-660, 1888.
- WHITTAKER, E. S. : Root hairs and secondary thickening in the Compositae, *Bot. Gaz.*, **76**, 30-59, 1923.

الفصل الحادي عشر

الساق

الساق هي الجزء من محور النبات ،الذي يحمل الأوراق والأعضاء التنكاثرية ، ويكون عادة هوائيا، ينمو متجها الى أعلى وتنشابه السوق مع الجذور. في التركيب العام . فلكل منهما عمود وعائى ، به خشب ولحاء ، وله بريسيكل واندودرمس وقشرة ذات بشرة . وتختلف السوق عن الجذور في التركيب الوعائى الأساسى وفى وجود أطراف فى مواضع معينة، تسمى بالعقد . ويرجع الاختلاف فى التركيب الوعائى أساسا ، الى ترتيب الخشب واللحاء - ففى الجذر ، توجد أشربة اللحاء والخشب منفصلة ، وعلى انصاف أقطار مختلفة ، أما فى الساق فتوجد هذه الأشربة متجاورة ، على انصاف أقطار واحدة . وعلاوة على ذلك ، يكون خشب الجذر دائما خارجى الخشب الأول ، أما خشب الساق فيكون خارجيا أو داخليا أو وسطيا، ولكنه داخلى فى معظم النباتات الحديثة . وتنشابه الساق والجذر كثيرا فى تكوين وتركيب الأنسجة الوعائية الثانوية .

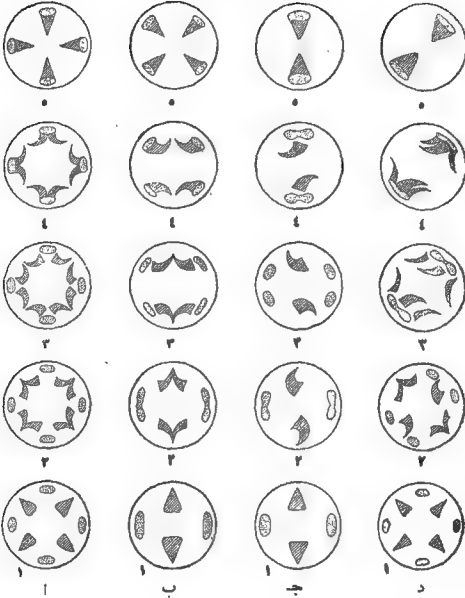
منشأ الساق :

يتكون المرستيم الأول للساق أثناء تميز الجنين ، وتنشأ السوق الجانبية عادة بواسطة تكوين مرستيمات طرفية جديدة ، تظهر على جوانب المرستيم الطرفى للساق الأصلية ، أما الأفرع العرضية على السوق والجذور ، فتتكون عن طريق طبقات مرستيمية ماثلة تنشأ بطريقة ثانوية من البريسيكل أو اللحاء أو حتى فى الكسيوم نفسه : وقد قيل انها قد تنشأ فى خلايا البشرة وخلايا تحت البشرة ، وفى قليل من النباتات . وتظهر مرستيمات الفروع كذلك بكثرة من أنسجة الجروح فى بعض النباتات . هذه المرستيمات تنشأ عن طريق انقسام الخلايا المرستيمية أو الخلايا البرنشيمية الدائمة فى اتجاهات مختلفة ، مكونة نقطة نمو قيمة شبيهة بتلك الموجودة بقمة الساق العادية . وفى حالة وجود المرستيم على غور بعيد فى أنسجة الساق ، فإنه يشق لنفسه طريقا الى السطح بطريقة مشابهة لمرور

مرستيم الجذر الفرعى خلال قشرة الجذر ، (وقد درست طريقة تكوين الساق الناضجة من المرستيم فى الفصل الثالث) .

مرحلة الانتقال بين الجذر والساق :

يكون الجذر مع الساق تركيبا متصلا ، هو المحور ، وتتكون نتيجة لذلك منطقة انتقالية حيث يتقابل الجذر والساق ، وحيث تندمج الأجزاء المختلفة من كلا العضوين . فالبشرة والقشرة والأندودرمس والبريسكيل والأنسجة الوعائية الثانوية كلها مستمرة استمرارا مباشرا من الجذر الى الساق . اما الأنسجة الوعائية الابتدائية ، فهى أيضا مستمرة ، ولكنها ليست بطريق مباشر . ويرجع ذلك الى أن نوع الحزم ونظامها يختلف اختلافا واضحا فى الجذر عنه فى الساق . فأشرطة الخشب واللحاء المستقلة ، المرتبة ترتيبا قطريا فى الجذر ، تستمر مع الحزم التى ينتظم فيها الخشب واللحاء بنظام جانبي ، كما أن الخشب الخارجى فى الجذر يستمر مع الخشب الداخلى فى الساق . وفى الخشب يتطلب هذا التغير فى الوضع التفاف وانحراف الأشرطة (شكل ١٣٤) ، ويحدث هذا التغير من نوع الى آخر فى التركيب الوعائى فى جزء من المحور يسمى منطقة الانتقال . ويكون هذا الانتقال اما تدريجيا أو مباشرا وتكون منطقة الانتقال قصيرة عادة يتراوح طولها ما بين أقل من مليمتر واحد الى مليمترين أو ثلاثة ، وفى حالات نادرة قد يصل طولها الى عدة سنتيمترات . وقد توجد هذه المنطقة فى أعلى الجذير عند أقصى قاعدة السويقة الجنينية السفلى أو فى منتصفها أو فى الجزء العلوى منها ، وبناء على ذلك فقد يحتوى الجزء الأكبر من السويقة الجنينية السفلى على تركيب ساقى أو تركيب جذرى ، أو قد ينتمى معظمها الى المنطقة الانتقالية . وفى كثير من الأحيان تقع منطقة الانتقال عند أصل أو مكان خروج المسيرات الفلقية ، وعند ذلك يصبح تركيب هذه المنطقة معقدا . وفى الحالات التى لا تحرف فيها الحزم عند مستوى المسيرات الفلقية ، فانه لا بد من انحرافها بعد خروجها ، وأثناء مرورها فى الفلقات . وفى حالات نادرة ، يحدث أن تمتد منطقة الانتقال الى العقدة الأولى ، أو حتى الثالثة أو الرابعة فوق الفلقات ، وبذلك يحتوى جزء من الساق على حزم وعائية منحرفة جزئيا .



(شكل ١٣٤)

اشكال تخطيطية تبين أربعة أنواع للانتقال من الجذر الى الساق (أ ، ب ، ج ، د) الاشكال ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ ، ٩ ، ١٠ ، ١١ ، ١٢ ، ١٣ ، ١٤ ، ١٥ ، ١٦ ، ١٧ ، ١٨ ، ١٩ ، ٢٠ . أما الاشكال المتوسطة فتبين مراحل الانتقال على مستويات متتابعة كما تبين انشقاق والتفاف والتحام الاشرطة الوعائية (الخشب مشطط واللحاء منقط)

وتكون منطقة الانتقال في العادة قصيرة في ذوات الفلقة الواحدة والتريديات .

أما من الخارج ، فيمكن رؤية تلك المنطقة التي تحد الساق والجذر ، بوجود مكان انخفاض أو تغير في الغلط ، على أنه في بعض النباتات ، قد لا ينطبق الخط الظاهري انطباقا تاما مع منطقة الانتقال .

وعند التغير من الجذر الى الساق ، يحدث عادة زيادة كبيرة في ثخانة العمود الوعائى ، مع تضاعف فى الأنسجة الوعائية ، وانشقاق والتفاف والتحام فى الأشرطة الوعائية . هذه التغيرات تحدث تبعا لنظم خاصة نذكر منها الأربعة الأنواع الآتية :

النوع الأول : (شكل ١٣٤ أ) . فى هذا النوع تنشق الأشرطة الخشبية فى الجذر انشقاقا قطريا ، ثم تتأرجح على الجانبين الفروع الناتجة ، وذلك عند مرورها لأعلى ، واحد الى اليمين والآخر الى اليسار ، ملتفة فى نفس الوقت خلال ١٨٠° ، ثم تتحد مع أشرطة اللحاء من الداخل وبذلك تكون أشرطة اللحاء قد بقيت كما هى لم تغير اتجاهها أو موضعها ، وتمر كأشرطة مستقيمة من الجذر الى الساق . فى هذا النوع يكون عدد الحزم الوعائية الابتدائية فى الساق ، مساويا لعدد أشرطة اللحاء فى الجذر . ويوجد هذا النوع ، على سبيل المثال ، فى نباتات مشط الراعى^(١) وشب الليل^(٢) وفوماريا .

النوع الثانى : (شكل ١٣٤ ب) يختلف هذا النوع عن سابقه ، فى أن أشرطة اللحاء كأشرطة الخشب تنشق أيضا ، وينحرف كل من الفروع الناتجة جانبيا ، عند مروره الى أعلى ، بحيث تتلاقى فروع الخشب وفروع اللحاء على هيئة أزواج ، وتصبح أماكنها فى الساق متبادلة مع أماكنها فى الجذر ، وينتج عن هذا أن تنحرف أشرطة الخشب كما فى النوع الأول ، أما أشرطة اللحاء فتحتفظ باتجاهها ، وبذلك يكون عدد الحزم فى الساق ضعف عدد أشرطة اللحاء الموجودة فى الجذر . هذا النوع من الانتقال أكثر شيوعا من النوع الأول ، ويوجد على سبيل المثال فى نباتات الاسفندان^(٣) والقرع^(٤) والفاصوليا^(٥) وأبى خنجر^(٦) .

النوع الثالث : (شكل ١٣٤ ج) . فى هذا النوع لا تنشق أشرطة الخشب بل تستمر فى طريقها من الجذر الى الساق ولكنها تلتف ١٨٠° . وفى نفس الوقت تنقسم أشرطة اللحاء ثم تتجه الأنصاف الناتجة ناحية أشرطة الخشب وتلتحم معها من الخارج . يشبه هذا النوع الأول فى أن عدد الحزم الناتجة فى الساق تساوى

Mirabilis (٧)

Acer (٨)

Phaseolus (٩)

Dipsacus (١)

Fumaria (٢)

Cucurbita (٥)

Tropaeolum (٦)

عدد أشرطة اللحاء في الجذر ، ومن أمثلة النباتات التي يحدث فيها هذا النوع البرسيم الحجازي^(١) وبسلة الزهور^(٢) ونخيل البلح^(٣) .

النوع الرابع : (شكل ١٣٤ د) . في هذا النوع ، تنقسم نصف أشرطة الخشب فقط ، وتتأرجح الفروع جانبا لتلتحم مع الأشرطة غير المنقسمة ، والتي تكون قد انخرقت أيضا . أما أشرطة اللحاء فلا تنقسم ولكنها تلتحم كل زوج منها مع الأشرطة الخشبية الثلاثية ، وبذلك تتكون الحزمة في الساق من خمسة أشرطة متحدة ، ويكون بالساق عدد من الحزم الوعائية نصف عدد أشرطة اللحاء في الجذر ويحدث هذا النوع من الانتقال نادرا ويبدو أنه معروف في قليل من ذوات الفلقة الواحدة فقط مثل انيهارهينا^(٤)

وفي الحالات التي يوجد فيها لحاء داخلي في الساق ، تنشق من أشرطة اللحاء في الجذر ، فروع في المستوى الذي يبدأ التركيب الجذري في التخزين فيه . وتمر هذه الفروع للداخل تدريجيا ، حتى تستقر داخل أشرطة الخشب الجديدة ، مكونة حزما وعائية جانبية . أما في الحالات التي تتحد فيها أشرطة الخشب في الجذر لتكون اسطوانة جوفاء ، (اذ يعتبر النخاع دائما موجودا في أعلى جذر البادرة ملاصقا لمنطقة الانتقال) تنفصل الأشرطة عن بعضها ، قبل انشقاقها ، أو تغير موضعها ، أو اتجاهها .

وفي بعض ذوات الفلقة الواحدة ، تكون منطقة الانتقال قصيرة للغاية ومن الصعب تحديدها . ويرجع ذلك الى تكون حلقة من الأنسجة الوعائية نتيجة لاتصال عدد كبير من الجذور الجانبية القوية التي تتكون عند هذه النقطة . وفي السيكاديات^(٥) تحتوي منطقة الانتقال على قرص أو حلقة من الأنسجة الوعائية ، تمر خلالها جميع أشرطة الجذر والساق ، ولذلك فالحزم الوعائية للساق والجذر في هذه النباتات ، لا تمر بطريق مباشر من الواحدة للأخرى .

Lathyrus (٢)
Anemarrhena (٤)

Medicago (١)
Phoenix (٣)
Cycadales (٥)

أنواع السوق

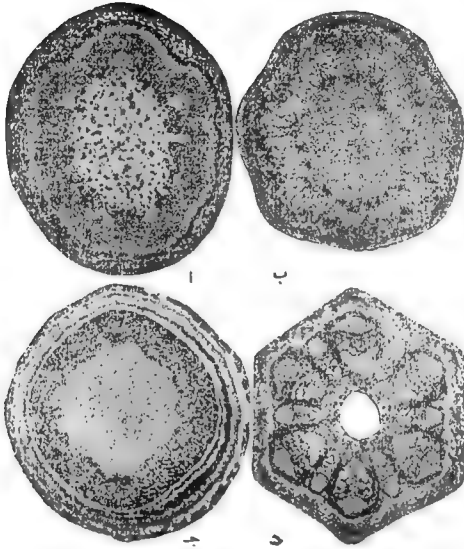
تقدمت في الفصل الخامس دراسة التركيب الأساسي للسوق . ويمكن القول على سبيل المراجعة ، بان السوق تكون عادة ذات أعمدة وعائية نخاعية ، أما الأعمدة الوعائية الأولية فتوجد بين النباتات الحية في السراخس وبعض التريديات الأخرى . كما أن لهذه النباتات نموا ثانويا عادة . وتختلف السوق كثيرا في كمية وترتيب النسيج الوعائي الابتدائي فيها ، وفي كمية الأنسجة الثانوية أيضا . فيتراوح النسيج الوعائي الابتدائي في كميته ، من اسطوانة صماء غليظة للغاية ، الى بضعة أشرطة صغيرة تكون حزما متباعدة . ويبدو أن هذه الاختلافات تعكس أطوارا في التقدم التطوري ، اذ يمكن القول انه في أثناء التطور ، قد رقت اسطوانة النسيج الوعائي الابتدائي ، مع تجزئتها الى أشرطة طويلة ، وتميز في ترتيب الحزم الناتجة ، بحيث لا تعود تكون اسطوانة . ومهما تكن كمية وترتيب الخشب الابتدائي ، فان الأنسجة الوعائية الثانوية قد تكون اسطوانة صماء تضم الخشب الابتدائي ، وبهذه الطريقة يمكن أن تتكون اسطوانة وعائية غير مجزأة من مجموعة من الأشرطة ، حتى ولو لم تكن هذه الأشرطة موزعة بانتظام . وتختلف أيضا كمية وترتيب الخشب الثانوي ، من اسطوانة كاملة ذات ثخانة غير محدودة ، كما يحدث في النباتات الخشبية المعمرة النموذجية ، الى أشرطة نحيفة متباعدة كما هي الحال في بعض أنواع السوق العشبية الحولية ، وفي النباتات التي لا يحدث فيها نمو ثانوي . ويمكن القول ان الأنسجة الثانوية قد اختزلت أيضا — كما هي الحال في الأنسجة الابتدائية أثناء التطور ، اذ حدث أن تناقص غلظ الاسطوانة قطريا ثم تقطعت بعد ذلك في الاتجاه المماسي . كما أن الأنسجة الثانوية ، لا تتكون بالمرّة في النباتات ذات التخصص العالي من هذا النوع . ولا زالت جميع هذه المراحل ، في التغيرات التي تعترى الأنسجة الابتدائية والأنسجة الثانوية ، ممثلة بين النباتات الحية . ومن هذا يتبين أن تركيب الساق متباين الى حد كبير .

الساق الخشبية : تحتوي سوق النباتات الخشبية المعمرة على تركيب بسيط في الظاهر . ففيها توجد طبقة كاملة من أنسجة وعائية ثانوية تحيط باسطوانة تكاد تكون متصلة من الخشب الابتدائي . والتباين في تركيب هذه الاسطوانة (قد درس تحت عنوان الهيكل الوعائي الابتدائي في الفصل الخامس) يتراوح بين

الأسطوانة الكاملة التى لا تتخللها سوى المسيرات الورقية والفرعية وتلك الحزم المبعثرة والمعقدة فى غالب الأحيان فى ترتيبها . ويبدو أن بساطة الأسطوانة الثانوية هى التى تخفى التركيب الابتدائى الأساسى وتظهر التركيب العام كأنه بسيط . وحتى فى تلك الحالات التى لا تقطع فيها الاسطوانة الابتدائية الا بالمسيرات الورقية والفرعية (شكل ٧٢ أ فى جنس التويه و ٧١ أ فى جنس الحور) ، تكون الاسطوانة رقيقة فيما عدا « الحزم » البارزة للداخل على هيئة حواف والمحتوية على الخشب الأول تمثل هذه الحواف البارزة استمرار المسيرات الورقية الى أسفل أو الأجزاء الناضجة الأولى من الاسطوانة (شكل ٧١ أ) . وفى نباتات أخرى تتكون الاسطوانة من حزم مختلفة الحجم متراسة عن قرب ، الواحدة بجانب الأخرى (شكل ٧١ ب) بكميات متناسبة من الخشب الأول دون اتصالها بالخشب الابتدائى . وتشغل المساحات بين الأشرطة الابتدائية بأشعة من النخاع من الداخل ، وبالبريسكيل من الخارج ، وسرعان ما تغلق هذه المساحات عن طريق تكوين الكميوم فيها ، وهذا الكميوم يقوم ببناء النسيج الوعائى الثانوى .

كما أن هناك سوقا خشبية معمرة كسوق بعض النخيل وبعض النباتات الكبيرة من ذوات الفلقة الواحدة ، قد يكمل نموها دون نمو ثانوى .

الساق العشبية : ليس للنباتات العشبية تركيب تشريحي مميز ، والمفروض عادة فى السوق الحولية أن تتميز أنسجتها الوعائية - سواء كانت ابتدائية فقط أو ابتدائية وثانوية معا - بوجودها على هيئة حزم متباعدة ، ومرتبطة فى اسطوانة (شكل ١٣٥ و) . ولكن هذا النظام لا يعتبر نموذجيا بالنسبة للنباتات العشبية . ولمعظم النباتات من ذوات الفلقتين اسطوانات كاملة من النسيج الوعائى فيما عدا الفرجات الورقية والفرعية (شكل ١٣٥ هـ) . ولا يوجد هذا النظام فى السوق الغليظة فحصب ، مثل كثير من نباتات الفصيلة المركبة والنمناح ونباتات الفصيلة القرنية ، بل يوجد أيضا حتى فى السوق النحيفة كما فى بعض نباتات الحبق ^(١) وحشيشة القزاز ^(٢) وبذلك لا تعتبر الساق العشبية ذات الحزم المتباعدة مثالا نموذجيا للسوق الحولية ، ولكنها تمثل أقصى ما وصلت اليه مراحل الاختزال فى الأنسجة الوعائية . وبالرغم من أنه غير منتشر كثيرا الا أنه يوجد فى فصائل مختلفة كما أنه يوجد فى النباتات الغليظة والنحيفة على السواء .



(شكل ١٣٥)

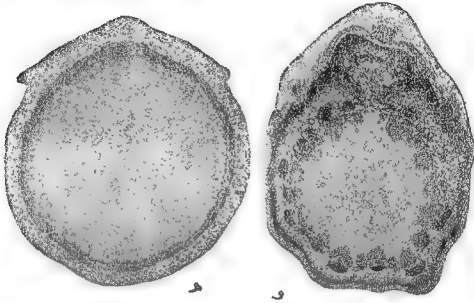
(١) الهمة الأمريكية (١) شجرة ذات عمود ومالي متصل ، (ب) الشنار (٢) شجرة ذات عمود ومالي
مجزا ، (ج) لونبيرا (شيرفايد) (٣) كرم خشبي ذو عمود ومالي متصل ، (د) ياسمين البر (٤)
كرم خشبي ذو عمود ومالي مجزا ،

Platanus (٢)

Clematis (٤)

Liquidamber (١)

Lonicera (٣)



(شكل ١٢٥) - تابع

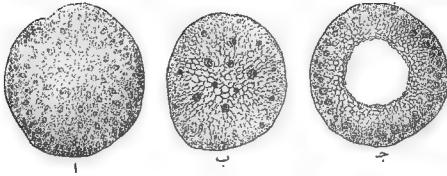
(هـ) اصبع العنبر (١) نبات عشبي ذو عمود متصل ، (و) الشيح (٢)
نبات عشبي ذو عمود ومالي مجزا

وفي بعض النباتات مثل أنواع من البرسيم وحشيشة المبارك والغافث (٣) توجد الأنسجة الوعائية في الجزء السفلى من الساق على هيئة اسطوانة كاملة ، في حين أنها توجد في الجزء العلوى على هيئة حزم منفصلة. ويشبه الحال في نباتات ذوات الفلقة الواحدة أساسا ما هو موجود في الأعشاب المتطرفة من ذوات الفلقتين . وفيها قد توجد الحزم منتظمة في حلقة ، ولكن الأكثر شيوعا وجودها مبعثرة خلال العمود الوعائي ، تبعا لنظام يتحدد بعد المسيرات الورقية وترتيب الأوراق وعوامل أخرى (شكل ١٣٦) . والسوق العشبية — باستثناء الأنواع المتطرفة منها التي لا يستطيع فيها الكميوم أن يوصل أجزاء الهيكل الابتدائي ببعضها البعض — تشبه من ناحية تركيبها السوق الخشبية . ويرجع الاختلاف الى مدة بقائها لا الى التركيب الأساسى . فالساق العشبية هي التي تتحدد فيها فترة النشاط الكميومى بموسم واحد ، أو جزء من موسم ، أو لا ينشط فيها الكميوم أطلاقا . كما أن كمية الأنسجة الوعائية — سواء كانت ابتدائية

Artemisia (٢)

Digitalis (١)

Agrimonia (٣)



(شكل ١٣٦)

أشكال تخطيطية لبعض سوق ذوات الفلقة الواحدة (١) الدرة^(١) وتتميز بكثرة الحزم دون وجود مجويف نخاعي ، (٢) تريبيلم^(٢) وتتميز بمدد قليل من الحزم المبعثرة ، (٣) القمح^(٣) وتتميز بكثرة الحزم الموزعة للخارج مع وجود مجويف مركزي

أو ثانوية - في ساق عشبية تامة النمو لا يلزم أن تكون أقل منها في ساق عمرها عام واحد لنبات خشبي من نفس النوع .

ويتوقف نوع الساق في عشب معين ، على نوع العمود الوعائي الموجود في أسلافه الخشبية . فإذا احتوت الاسطوانة الوعائية في النوع الخشبي على أنسجة ابتدائية مرتبة في اسطوانة كاملة فإن الأنواع العشبية القريبة لها تحتفظ بإسطوانات كاملة . أما إذا كانت الاسطوانة الابتدائية في النوع الخشبي متقطعة ، فإن العمود الوعائي في الأنواع العشبية القريبة لها يتركب من حزم متباعدة .

وقد تختلف الساق العشبية كاملة النمو ، ذات الأنسجة الوعائية الثانوية الجيدة التكوين ، في بعض التفاصيل عن بعض مثيلتها . ويختفى الكميوم في النباتات الحولية عادة بمجرد توقف النمو الثانوي في الساق ، وتحول خلاياه كلها الى عناصر خشب وعناصر لحاء . وتنضغط بقوة جميع الأنسجة الواقعة خارج محيط الكميوم فتتفلطح خلايا القشرة ولا سيما خلايا البناء الضوئي ، كما أن خلايا اللحاء الرقيقة قد تنسحق تماماً ، حتى قبل أن يكتمل الأزهار والثمار . وتدل الياف اللحاء في مثل هذه النباتات دلالة واضحة على ذلك بتجزئتها وتكسرها . ونادراً ما يحدث في السوق العشبية أن تتمزق البشرة نتيجة الزيادة في الغلظاذ تستطيع البشرة في بادئ الأمر أن تصمد بواسطة بعض الانقسامات

Trillium Grandiflorum (١)

Zea mays (٢)

Triticum sativum (٣)

البطيئة ويوفر تضاضط وانسحاق بعض الأنسجة بعد ذلك مكانا كافيا لنمو الخشب الثانوى واللحاء الثانوى .

ويتضح من الدلائل المستمدة من الدراسة المقارنة ومن تتبع سجل الحفريات ان الساق العشبية فى كاسيات البذور قد اشتقت من الساق الخشبية فى كثير من الفصائل . ويدو فى قليل من الفصائل ، مثل فصيلة البربريس^(١) ان الأنواع الخشبية قد اشتقت من الأنواع العشبية ، وتتفق مثل هذه النباتات الخشبية ، فى كثير من صفاتها ، مع الأعشاب وخصوصا فى تركيب الهيكل الابتدائى فى مكونات فسيج الخشب .

ساق ذوات الفلقة الواحدة : تفتقر ذوات الفلقة الواحدة الى النمو الثانوى بالطريقة المألوفة ، وعلى الرغم من ذلك فانه يمكن العثور على أثر نشاط كيميومى ، فى حزم الساق والأوراق على السواء فى جميع مجموعاتها تقريبا .

وينقسم العمود الوعائى الى عدة حزم تكون مبعثرة خلال الساق كلها ولا يوجد اندودرمس وعلى ذلك لا يمكن تحديد القشرة والبريسكيل والنخاع ، اذ تنتشر الحزم الوعائية خلالها (شكل ١٣٦ أ ، ب) . وفى كثير من النباتات كالحشائش^(٢) مثلا توجد منطقة مركزية (شكل ١٣٦ ب ، ١٨١ أ) . هذه المنطقة قد تمثل النخاع أولا ثمثله فلا يوجد بها حزم وعائية ، وفى نباتات أخرى قد يمكن تمييز منطقة القشرة بسهولة .

والجهاز الوعائى لمعظم ذوات الفلقة الواحدة غاية فى التعقيد ، فحزم المسيرات الورقية عديدة ، وتتبع عدة طرق فى نزولها واختراقها الساق واتحادها بطرق مختلفة مع الأشرطة الأخرى (شكل ٧٢ هم) . وهناك حالة شائعة فيها تكون كل الحزم مشتركة ، والمسيرات حال انتقالها من الورقة الى الساق تنعمق داخلها وتكون المسيرات الوسطية فى ذلك أعمق من المسيرات الجانبية .

وأثناء اختراق هذه المسيرات تعود الى الانحراف للخارج . وقد يكون طريق المسيرات داخل الساق عموديا ، أو تنحرف على الجوانب وتتخذ اتجاهات مختلفة . ثم تلتحم كل حزمة مشتركة ان أجلا أو عاجلا بحزم أخرى مماثلة .

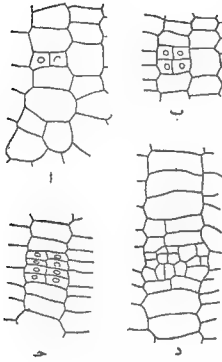
ويحدث معظم التشابك بين الحزم عند العقد ، وفي بعض المجموعات كالحشائش تشابك الحزم كثيرا ، ويكون هذا التشابك قاصرا الى حد كبير على مناطق العقد .

النمو الثانوى في ذوات الفلقة الواحدة : تختلف الأنسجة الثانوية التي تتكون في ذوات الفلقة الواحدة اختلافا كبيرا ، عن تلك التي تتكون في المجموعات الأخرى من النباتات . فالكمبيوم لا يكون لحاء للخارج وخشب للداخل بالطريقة العادية ، بل يكون للداخل حزما محيطية الخشب أو جانبية موزعة في نسيج أساسى يسمى عادة بالنسيج الضام ولا يكون للحزم نظام خاص في توزيعها ، بل ترتب الى حد ما في صفوف قطرية . وقد تشابك في بعض الأحيان . وتكون الأنسجة التي تتكون خارج الكمبيوم قليلة في كميتها وبرئشيمية في طبيعتها . وفي طبقة الكمبيوم الحقيقية ، تكون معظم الانقسامات في الاتجاه المماسى ، ولذلك تنظم الخلايا الناتجة في صفوف قطرية . ويبدو هذا الانتظام واضحا في النسيج الضام ، ويساعد على التفرقة بين الأنسجة الثانوية والأنسجة الابتدائية ، حيث لا يكون للبرئشيمية التي بين الحزم أى نظام خاص (شكل ٩٧) . ولا يكون هذا الانتظام واضحا في أنسجة الحزم ، ويرجع ذلك الى طريقة تكوينها . ويحدث في بعض مشتقات الكمبيوم انقسامات طولية ، تكون في بادئ الأمر موازية للجدار الخارجى ، ثم عمودية عليه ، وأخيرا تكون بدون نظام (شكل ١٣٧) ، مكونة شريطا من الخلايا تتحول نهائيا الى خشب ولحاء . فالخلايا التي تكون القصبيات تستطيل كثيرا من ١٥ — ٤٠ مرة . قدر طولها الأصلي ، في حين لا تستطيل الخلايا الأخرى الا قليلا أو قد لا تستطيل مطلقا .

وقد تكون القصبيات من النوع السلمى الذى يندر أن يكون بين الأنسجة الثانوية . وتختلف الحزم الثانوية التامة النمو ، عن الحزم الابتدائية ، في قلة اللحاء وفي عدم وجود خلايا الخشب الأول الحلقية والخزونية ، وتظهر في بعض النباتات حلقات نمو محددة بوضوح ، نتيجة لاختلاف توزيع الحزم وتباين غلط الخلايا الضامة ولكن علاقة هذه الحلقات بالنمو السنوى أمر غير معروف .

هذا النوع من النمو الثانوى ، غير محدد في كميته ، كما هى الحال في النمو الثانوى العادى . ولكنه يتم عادة ببطء ، ولا ينتج عنه فى المادة جذوع ضخمة . هذا النوع من التغلط يحدث فى النباتات الشجرية من رتبة الزنبقيات مثل

دراسينا^(١) ويوكا^(٢) والصبار^(٣) وزنبق النخيل^(٤) وبعض أنواع النخيل ويحدث نادرا في الأعشاب كما في الخربق^(٥) وفي الأجزاء اللحمية في بعض نباتات ديوسقوريا^(٦).



(شكل ١٣٧)

اشكال تخطيطية تبين الادوار الاولى في تكوين الحزمة أثناء النمو الثانوي لدوات الفلقة الواحدة . في أحد أنواع الصبار - د ادوار متتابعة

ولا يغزى التغلظ الذي يحدث في قواعد بعض سوق النخيل ، الى نشاط طبقة معينة من الكميوم ، ولكنه يحدث نتيجة لزيادة تدريجية في حجم الخلايا وفي المسافات البينية ، ويحدث نادرا نتيجة لتضاعف بعض أشرطة من النسيج مكونا أليافا جديدة ، ويعتبر هذا التضاعف استمرارا للنمو الابتدائي .

السوق المتسلقة لسوق النباتات
المتسلقة نوعان من التركيب فكثر منها مثل العنب - وسلاستروس^(٧) ونوع من جنس سولانم^(٨) لها أعمدة وعائية على هيئة اسطوانات خشبية (شكل ١٣٥ أ) . ونوع له أنسجة وعائية مرتبة في شكل حلقة من الحزم (شكل ١٣٥ د) مثل يانسين البر^(٩) وحشيشة الدينار^(١٠) والبسلة^(١١) وتفصل الحزم عن بعضها

أشعة من البرنثسية تزود في كثير النباتات عن طريق نشاط الكميوم كالحزم نفسها . وتكون عناصر الخشب وعناصر اللحاء في هذه النباتات عالية التخصص كما هي الحال في الساق العشبية ذات الحزم المتباعدة ، وتتعلم فيها عادة الأشعة

Yucca (٢)	Dracaena (١)
Palm lily (٤)	Aloe (٣)
Dióscoreae (٦)	Veratruin (٥)
Solanum Dulcamara (٨)	Celastrues (٧)
Humulus (١٠)	Clematis (٩)
	Pflum (١١)

الوعائية وتكون الأوعية مسامية واسعة وطويلة الى حد كبير ، أما الألياف والقصبيات فتكون قليلة نسبيا كما تكون الأنابيب الغربالية من أرقى الأنواع ، في حين تكون الألياف نادرة أو غير موجودة وفي نباتات متسلقة كثيرة يوجد أريسطولكيا^(١) وحب الهلال^(٢) والتي لسوء الحظ تعتبر في كثير من الأحيان أمثله تركيب عام غير عادى بجانب هذا التخصص في الأنسجة المختلفة كما في نباتات نموذجية لتركيب الساق، وتستعمل لتبين نشأة الساق الخشبية من الساق العشبية .

وتنفصل الحزم عن بعضها البعض ، في الساق الحديثة للنبات المتسلق العشبي ، بقطع كبيرة من النسيج البرنشيمي ، كما في البسلة وايوس^(٣) وقد يقتصر الكمبيوم في هذه السوق على الحزم فقط كما في ادلوميا^(٤) ، أو قد يكون اسطوانة كاملة ، عن طريق امتداد عبر الأشعة بين الحزمة البرنشيمية . وقد يكون هذا الكمبيوم بين الحزمي أثريا كما في الأجزاء العليا من نبات البسلة المتسلق ، فلا يكون نسيجا ثانويا أو يكون قليلا من الخلايا الوعائية ، كما هي الحال في قاعدة ساق البسلة. وقد يكون أيضا غاية في النشاط فيزيد كثيرا من كمية الأشعة البرنشيمية بين الحزمة بنفس السرعة التي يبنى فيها الكمبيوم الحزمي الحزم الوعائية كما في ياسمين البر .

وتحتفظ الساق في مثل هذه النباتات الأخيرة بعد السنة الأولى ، بشكلها التركيبي العام حتى تصبح خشبية معمرة . ولما كانت الحزم الوعائية تزداد في الحجم في الاتجاه المماسي نتيجة لاستمرار النمو الثانوي ، فإن الساق تصبح ظاهريا ساقا خشبية، إذ تظل الحزم منفصلة عن بعضها البعض بالوح من البرنشيمية الثانوية. تمتد هذه الألواح أو الأشعة القطرية كاملة ، من عقدة لأخرى عادة ، وفي كثير من الأحيان لعدة سلاميات، ويصبح وجود هذه الألواح من الميزات الهامة لتركيب النباتات المتسلقة . وتعتبر هذه الأشعة سواء كانت من تركيب ابتدائي فقط أو ابتدائي وثانوي معا ، تعتبر من الصفات التركيبية البارزة لكثير من النباتات المتسلقة الحولية منها والمعمّر . كما توجد قطع برنشيمية ماثلة أيضا في بعض النباتات المتسلقة ذات الاسطوانة الخشبية الكاملة . وتمثل حينئذ إحدى التحورات البارزة لتلك العمد الوعائية الموجودة في السوق الخشبية المتسلقة (شكل ١٤١) .

Ménispermum (٣)

Adlumia (٤)

Aristolochia (١)

Aplos (٢)

ولما كانت هذه الأشعة مكونة من أنسجة رقيقة ، فانها تنسحق أحيانا بتقدم الساق في السن ، وينتج ذلك في الغالب من حركة الحزم الوعائية فوق بعضها ، أثناء فترات الضغط الجانبي ، الذى تعرض له السوق المتسلقة بالذات ، ويبدو أن هذا النوع من التركيب يمثل أحد التحورات اللازمة للنباتات المتسلقة من الناحية الدعامية .

« الأشعة النخاعية » للنباتات المتسلقة والأعشاب :

فى النباتات المتسلقة والأعشاب التى لها اسطوانة وعائية مجزأة تنفصل الحزم الوعائية عن بعضها البعض ، بواسطة ألواح من الخلايا البرنشيمية ، تتوزع من الداخل مع النخاع ومن الخارج مع القشرة (شكل ١٣٥ د ، و) وفى هذه المراحل الأولى لا يمكن تحديد القشرة والنخاع تحديدا دقيقا فى منطقة الحزم ، كما لا يوجد أى دليل نسيجي على اتصائها، ولو جزئيا، للأسطوانة الوعائية. ولما كانت هذه الألواح تبدو كأجزاء مشعة من النخاع ، فقد شاع تسميتها بالأشعة النخاعية وعندما تزداد هذه التراكيب الابتدائية بعد ذلك فى امتدادها قريبا عن طريق النمو الثانوى كما هى الحال فى نباتات متسلقة كثيرة مثل ياسمين البر (شكل ١٣٥ د) فانها تبدو قريبة الشبه « بأشعة نخاعية » عريضة (أشعة وعائية) فى الخشب واللحاء الثانويين . ولهذا السبب قد سميت هذه الأشعة والأشعة الوعائية أيضا بالأشعة النخاعية ، والمعتقد أنها متناظرة . وترتكز النظرية القائلة بنشأة الساق الخشبية من الساق العشبية — الى حد كبير — على هذا الاعتقاد الخاطىء فهذه الأشعة العرضية الموجودة بالنباتات المتسلقة والأعشاب تمتد من عقدة الى عقدة أخرى وكثيرا ما تمتد خلال عدة سلاميات وذلك بخلاف الأشعة الوعائية المحدودة الارتفاع .

وعلاوة على ذلك فان هذه الأشعة النخاعية تتحل ، بشكل واضح من الناحية المورفولوجية ، أجزاء كاملة من الاسطوانة الوعائية ، فهى تقابل عدة أشعة وعائية مضافا اليها الأنسجة المحيطة بها والتى تمر هى بينها . فمن الواضح اذن أنه يمكن استعمال نفس التسمية للتوعين من الأشعة ، ومن هنا كان استعمال لفظ «الأشعة النخاعية» لأشعة النسيج الوعائى الثانوى استعمالا غير سليم ، وقد حل محله لفظ « الأشعة الوعائية » ولما كانت الأشعة العريضة فى النباتات المتسلقة والأعشاب ، فى حالتها الابتدائية فقط ، تشبه بروزات من النخاع ، فقد يصح تسميتها أشعة

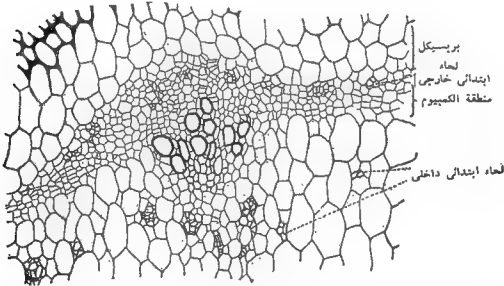
نخاعية ، ولا سيما اذا لم يطلق هنا التعبير على الأشعة الوعائية . وبذلك يظهر بوضوح عدم تماثلها ، مع تلك التركيبات التى طالما سميت خطأ ، بالأشعة النخاعية .

اللحاء الداخلى : تعتبر الأعمدة الوعائية النخاعية ، ذات اللحاء الداخلى عادة ، من بين الأعمدة الوعائية النخاعية الأكثر شيوعا فى النباتات السرخسية . ويكون اللحاء الداخلى فى هذه الأعمدة طبقة مستمرة قريبة الشبه باللحاء الخارجى . ويوجد اللحاء الداخلى أيضا فى كثير من الأحيان فى كاسيات البذور ، ولكنه يكون أقل وضوحا ، اذ يتخذ شكل أشرطة صغيرة أو كبيرة مرتبطة قليلا أو كثيرا بالخشب الابتدائى (شكل ١٣٨) . وفى تلك السرخسيات التى بها لحاء داخلى ، والتى تتجزأ فيها الاسطوانة الوعائية بواسطة الفرجات الورقية ، يلتحم اللحاء الخارجى خلال هذه الفرجات ، وبذلك تتكون حزم محيطية اللحاء (شكل ١٣٩ ب) . أما فى كاسيات البذور ذات اللحاء الداخلى والاسطوانة الوعائية المجزأة فاللحاء الداخلى يكون الجزء الداخلى من الحزم الجانبية ذات اللحاءين كما فى حالة القرع . وفى الحالات التى يكون فيها الخشب الابتدائى اسطوانة كاملة تقريبا ، يكون اللحاء الداخلى أيضا اسطوانة كاملة . ويكون اللحاء الداخلى فى معظم النباتات ابتدائيا فقط ، اللهم الا فى حالات نادرة ، حيث يظهر كمبيوم داخل الخشب الابتدائى ، ويقوم هذا الكمبيوم بتكوين كمية بسيطة من اللحاء الداخلى الثانوى كما فى نبات تيكوما^(١) .

ويشبه اللحاء الداخلى اللحاء الخارجى ، من حيث الخلايا فيما عدا قلة الألياف أو ندرتها ، كما توجد الأنايب الغربالية والخلايا المرافقة فى مجموعات صغيرة محددة محاطة بالبرنشيمية (شكل ١٣٨) . وتكون هذه البرنشيمية مع برنشيمية الخشب الأولى المنطقة المحيطة بالنخاع (الفصل الخامس) . ويظهر اللحاء الداخلى أثناء التطور التكوئى متأخرا عن اللحاء الابتدائى الخارجى . وتعتبر هذه الطبقة بطبيعة الحال جزءا من الاسطوانة الوعائية من الناحية الشكلية ، وليست الطبقة الخارجية من النخاع وفى حالة وجود اندودرمس داخلى فانه يفصل اللحاء الداخلى عن النخاع . وكثيرا ما يتصل الاندودرمس الداخلى بالاندودرمس الخارجى واللحاء الخارجى خلال الفرجات الورقية والفرعية .

ويوجد اللحاء الداخلى فى عدة فصائل من بين كاسيات البذور، وعلى الأخص فى الفصائل الأكثر تخصصا ورقيا ، مثل الباذنجانية والجنطيانية والآسية والقرعية والعليقية والأبوسينية والعشارية والأوتاجرية والكاميانولية والمركبة . ويبدو اللحاء الداخلى فى بعض هذه النباتات منتشرا ، وفى البعض الآخر يقوم بدور هام فى التوصيل ، كما هى الحال فى نباتات البطاطس والطماطم ، وعلى الأخص فى ريزومات ودرنات البطاطس. وفى درنة البطاطس تنتشر أشربة اللحاء الداخلى، خلال معظم المنطقة الواقعة داخل اسطوانة الخشب الرقيقة ، باستثناء محور ضيق عند المركز . وتكون القشرة ضيقة كالنخاع ، وعلى ذلك يكون النسيج الاختزانى فى درنة البطاطس ، مكونا الى حد كبير ، من اسطوانة وعائية برنثيمية ، أما النخاع فيكون جزءا صغيرا جدا من الدرنة .

الخزعة الوعائية^(١): تكون الأنسجة الوعائية فى النباتات جهازا متصلا . وتتظم هذه الأنسجة فى محاور معظم النباتات على هيئة أسطوانات مصبغة أو مجوفة أما فى النباتات الأخرى وفى الأفرع والأطراف فتوجد الأنسجة الوعائية

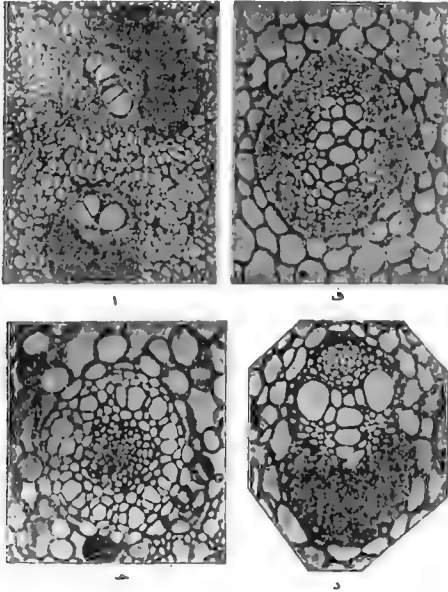


(شكل ١٢٨)

اللحاء الداخلى فى ساق حديثة لنبات البطاطس . وتظهر خلايا اللحاء الابتدائى فى مجموعات صغيرة خارج وداخل منطقة الكمبيوم

(١) يدوس هذا الموضوع فى هذا المكان بهذه المناسبة بصفة عامة فقط ، فلا يقتصر وجود الحزم الوعائية ، بطبيعة الحال ، على السوق ، وعلى ذلك فالدراسة التفصيلية موجودة بالفصول الأخرى

على شكل أشربة متفرقة ولكنها تلتحم عن قرب أو أحيانا عن بعد بحزم مماثلة أو بالأنسجة الوعائية المركزية . ويطلق لفظ الحزمة الوعائية على هذه الأجزاء المنفصلة ، أو على امتدادات الجسم الوعائي (الفصل الخامس) ويتضح من هذا أن الحزمة الوعائية عبارة عن صفة تركيبية هامة للنبات ، بالرغم من أنها لم تحظ



(شكل ١٣٩)

الحزم الوعائية (ا) حزم جانبية من ذوات النقلة الواحدة لها نظام حزمي كثيف ، (ب) حزمة مركزية محيطية للحاء ، (ج) حزمة مركزية محيطية الخشب ، (د) حزمة جانبية من ذوات النقلة الواحدة بها نمد سكرنيسي ووعادان كبيران يتكونان كتلة مع كتلة اللحاء المستديرة

بالاهتمام الكافي بالنسبة لوضعها . وقد بينت دراسة العمود الوعائى وعلاقة المحور بالأطراف ، أن الحزمة ما هى الا جزء متفرع من الجهاز الموصل . ولا تعتبر الحزمة وحدة التركيب الأساسية التى تتركب منها الاسطوانة الوعائية ، فترتيب الأنسجة فى شكل اسطوانة وعائية هو الوضع البدائى أما الحزم المتباعدة فى المحور فهى أجزاء هذه الاسطوانة بعد تجزئها أثناء التخصص (الفصل الخامس) .

حجم وشكل الحزمة الوعائية : تختلف الحزم الوعائية كثيرا فى التركيب والشكل ، وفى طريقها داخل جسم النبات ، كما تختلف أيضا من حيث علاقتها بالحزم الأخرى ، وبالجسم الوعائى المركزى . وقد عولجت دراسة الأنواع المختلفة للحزم من حيث علاقة الخشب واللحاء (مركزية ، جانبية ، الخ) ومن حيث مرورها فى المحور (منفردة أو مشتركة) فى الفصلين الرابع والخامس . ولما كان من الممكن أن يطلق لفظ حزمة على أى شريط منفصل من الجهاز الوعائى سواء كان هذا الشريط صغيرا أم كبيرا . لذلك فقد تتركب الحزمة فى القطاع العرضى من عدد غير محدود من الخلايا ، أو من عدد قليل فقط أو حتى من خليتين فقط (شكل ١٥٠) . وقد تتركب نهايات الحزم فى الأوراق والثمار ، فى كثير من الأحيان ، من خلية واحدة فقط . وفى المقطع العرضى ، تكون الحزمة فى أغلب الأحيان بيضية . ولكنها قد تكون أيضا شريطية أو منشقة أو غير منتظمة الشكل .

تركيب الحزمة الوعائية : تختلف نسبة الخشب واللحاء اختلافا كبيرا فى الحزم المركزية والجانبية . ففى هذين النوعين قد يتكون معظم الحزم من نسيج واحد فقط . وقد تتركب الحزم الجانبية فى بعض الأحيان (كما فى الحزم المختزلة والحزم الأثرية ونهايات الحزم) من لحاء فقط أو خشب فقط . وقد يمتد الخشب فى الحزم الجانبية ولا سيما اذا كان قليلا فى كميته يمتد حول اللحاء الى درجة كبيرة أو صغيرة ، كما هى الحال فى نبات ذيل الحصان^(١) ، وبعض ذوات الفلقة الواحدة ، وفى غير قليل من كاسيات البذور العشبية وقد يحدث فى هذا النوع من الحزم أن ينقسم الخشب الى مجموعات .

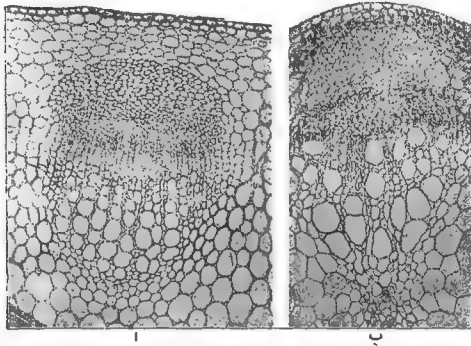
وفى بعض الحزم المتخصصة ، يحدث أن تختزل بعض خلايا أو اللحاء من حيث العدد - فقتل أو تنعدم الألياف فى كل من النسيجين . ويتكون اللحاء فى مثل

هذه الحزم من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة فقط . ويتكون الخشب من أوعية وقصبيات أو أوعية فقط أو قصبيات فقط . هذه هي الحال في كثير من ذوات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين مثل بعض نباتات الفصيلة الشقيقية^(١) . وفي هذه الحالات ، تكون الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة في أغلب الأحيان ، مرتبة بالتماثل ، ويكون من بين الأوعية القليلة وعاء أو اثنين أو ثلاثة أوعية فقط ذات قطر كبير . ويوجد في حزم كثير من ذوات الفلقة الواحدة وعاءان كبيران ، واحد على كل من « كنفى » مجموعة الخشب كما في الذرة . وفي بعض النباتات كما في الموز ، يوجد وعاء كبير مركزي واحد . وفي نباتات أخرى يتركب الخشب من بضعة أوعية متشابهة في الحجم .

وتتكون الحزم الصغيرة ، بطبيعة الحال ، تترتب الأنسجة الوعائية الابتدائية ، معظمها أو كلها ، من أنسجة ابتدائية ، وتكون خلاياها موزعة بغير نظام عادة . وفي كثير من ذوات الفلقتين ، في صفوف قطرية كما في البرسيم^(٢) (شكل ١٤٠ أ) نبات الحرير^(٣) . وعندما تحتوى الحزمة على قليل من الأنسجة الثانوية ، فإن الجزء الوسطى منها يبين عادة انتظاما قطريا ضعيفا ، أما الخلايا الخارجية والداخلية ، فإنها تكون غير منتظمة .

وكما تختلف نسبة الأنسجة الابتدائية والثانوية ، كذلك تختلف نسبة الخشب الأول والخشب التالي ، إذ يكون الخشب الأول بكمية كبيرة في الحزم الصغيرة في الساق والأوراق عادة . وتختلف أيضا نسبة تكون فراغات الخشب الأول ، وهي واسعة بنوع خاص في كثير من ذوات الفلقة الواحدة . ويظهر في كثير من الأحيان مع الخلايا الموصلة من اللحاء والخشب أشرطة أو أعماد من الألياف ، ويتكون بذلك تركيب موصل دعامي معقد طالما أطلق عليه اسم « الحزمة الوعائية الليفية » وقد اتسع استعمال هذا اللفظ ، حتى أطلق على الحزم التي ليس لها أعماد أو قلسنوات ليفية ، وبذلك استعمل بغير دقة لجميع الأشرطة الوعائية البسيطة منها والمعقدة . ومن الناحية المورفولوجية قد يكون الجزء الليفى جزءا من الأنسجة الوعائية — إذ يحدث في بعض الأحيان أن تكون الألياف المغلفة للحزمة من الخارج جزءا من اللحاء الأول — وقد يكون هذا

الجزء خارجا عن هذه الأنسجة ونتيجة لهذا فقد حل لفظ « الحزمة الوعائية » محل اللفظ القديم .



(شكل ١٤٠)

الحزم الوعائية الجانبية لذوات الفلقتين (أ) في نوع من أنواع البرسيم - ويبين الشكل حزمة صغيرة وأنسجة ثانوية في بدء تكوينها وخشبا ابتدائيا مربيا نظريا . أما غطاء الحزمة فلم يتضح بعد - (ب) في نوع من أنواع البسلة - ويبين الشكل حزمة تامة النمو وتغير انتظام الخلايا نتيجة نمو الاوعية

ويرجع ربط الألياف التي تعتبر من الناحية المورفولوجية خارجة من الحزمة - بالأنسجة الوعائية الى العلاقة الميكانيكية بين تدعيم ذلك الجزء من النبات الذي يحوى هذه الأنسجة وتدعيم الخلايا الموصلة الضعيفة . كما تكون الألياف المرتبطة بالحزم الوعائية ، سواء كانت جزءا من اللحاء أو البرسيمسكل أو القشرة عادة أغطية أو كتلا هلالية الشكل (في المقطع العرضي) من الناحية الخارجية فقط أو الخارجية والداخلية معا للحزمة الوعائية (شكل ١٣٥ د ، وشكل ١٣٩ أ) وقد تتصل هذه الأغطية من الجوانب ، بحيث تكون أسطوانة دعامية واقية كاملة أما في حالة الحزم المتباعدة عن بعضها البعض ، ولا سيما حين تكون مختزلة ومتخصصة الى حد كبير ، فانها غالبا ما تكون مغلفة بالألياف تغليفا كاملا (شكل ١٣٩ د) كما هي الحال في سوق كثير من ذوات الفلقة الواحدة ، ونباتات عشبية أخرى .

ويستعمل لفظ حزمة وعائية في دراسة التشريح الوظيفي ، ليدل على حزم
بغير أعماد ليفية ، وفيها لا يحتوى الخشب أو اللحاء على ألياف . ، وفيها يدل
لفظ الحزمة الوعائية الليفية من الناحية الوظيفية على الحزمة التي يحتوى الخشب
واللحاء فيها على ألياف كجزء من هذه الأنسجة ، سواء كانت هناك ألياف خارج
هذه الأنسجة الموصلة أو لم تكن .

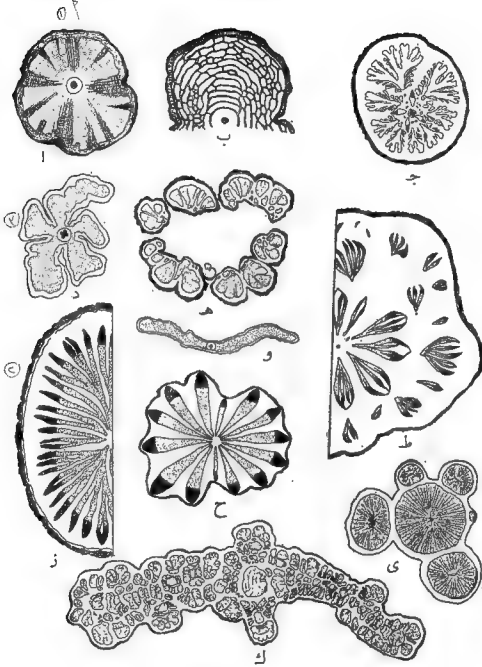
التركيب الشاذ في السوق

بالرغم أن التركيب الوعائي للغالبية العظمى من النباتات يعتبر عاديا ،
الا أن هناك كثيرا من النباتات لها تركيب غير عادى ، على عدة أنواع ، ويمكن
وضعها في مجموعتين :

١ - في المجموعة الأولى يكون الكميوم عاديا في نوعه وفي عمره ولكنه
ينشط بطريقة غير عادية وغير منتظمة مكونا أنسجة وعائية غير عادية في ترتيبها
وفي نسبة الخشب واللحاء فيها .

٢ - وفي المجموعة الثانية اما أن يكون الكميوم غير عادى في وضعه
وبالتالى تكون عناصر الخشب الثانوى واللحاء الناتجة عنه غير عادية في ترتيبها ،
أو أن يحل محل الكميوم الأصلى طبقات كيميومية أخرى ، تكونت بطريقة
ثانوية ، وقد تكون هذه الطبقات الكميومية الاضافية غير عادية في مداها وفي
ترتيبها .

ويمكن اضافة الشذوذ الناتج عن وجود حزم نخاعية وحزم قشرية لهذه
التركييب غير العادية . ونتيجة لهذه الأوضاع المختلفة ووجود بعضها معا ،
تنشأ تراكييب غاية في التعقيد . ومن الممكن تفسير جميع هذه الحالات عادة عن
طريق دراسة تطورها التكويني ، أما أثناء نمو المحور ذاته أو أثناء نمو البادرة .
كما أن وصف بعض الحالات العديدة التى تبدو فيها تراكييب غير عادية ، يعطى
فكرة واضحة عن الأنواع الرئيسية من الشذوذ . ففي بعض الأحيان يكون
الكميوم عاديا في موضعه وفي نشاطه ، ولكنه يكون في بعض أجزائه كميات
من الخشب أكثر كثيرا من اللحاء ، وفي أجزاء أخرى كميات من اللحاء أكبر من
الخشب ، وعند ذلك تتكون أسطوانة مجمعة من الخشب ذات حواف بارزة



(شكل ١٤١)

التركيب الشاذ في السوق (الانواع الششبية المتسلقة) (١) نبات من الفصيلة البجنونية (ب) نبات
سكويريدا الرمعي (١) (٢) نبات بجنونيا (٣) أحد أنواع بوهينيا (٤) سرجانيا اليوكتونا (٥)
(٦) أحد أنواع بوهينيا (٧) أحد أنواع اريستولوكيا (٨) أحد أنواع بجنونيا (٩) أحد أنواع
الفلفل (١٠) اهتويا سكاندنز (١١) (١٢) أحد أنواع بوهينيا

Serjania ichthyoctona (٧)

Securidace lanceolata (١)

Ichnouia scandens (٣)

وتجاويف . وقد يكون هذا التركيب بسيطاً كما في شكل ١٤١ أ أو معقداً ، كما في شكل ١٤١ ح - وفي بعض النباتات مثل أريستولوكيا (شكل ١٤١ ز) تقوم أجزاء من الكميوم بتكوين برنثيمة شعاعية الشكل فقط ، وبزيادة القطر تقوم أجزاء أخرى من الكميوم بتكوين هذه البرنثيمة الشعاعية باستمرار ، وتكون نتيجة لذلك أسطوانة من الخشب .

وبنفس الطريقة ، عندما يقتصر نشاط الكميوم على بعض المناطق دون غيرها ينتج عن ذلك أيضاً تكوين سوق متعرجة الأسطح (شكل ١٤١ د) كما أن السوق التي تشبه السيور تتكون بنفس هذه الطريقة .

وتتكون السوق ذات الأشكال الغريبة الأخرى ، عن طريق وضع غير عادي للكميوم . ففي بعض النباتات طبقة الكميوم ، والساق لا تزال حديثة ، وتبرز بعض أجزائها للخارج . وتفصل هذه الأجزاء بمضى الزمن ، وتكون أعمدة وعائية مستقلة (شكل ١٤١ ي) . وفي بعض النباتات الأخرى يظهر الكميوم أصلاً على شكل عدة أشرطة منفصلة كل منها يحيط بجزء من النسيج الابتدائي بحيث تبدو الساق ، وكأنها من عدة سوق ملتحمة . وتزداد هذه الحالة المركبة وضوحاً عندما تتقدم الساق في السن ، إذ تفصل الأجزاء عندما تموت الطبقات الخارجية نتيجة تكون طبقات البريدرم ، (شكل ١٤١ هـ) . وبهذه الكيفية ، تتربك الساق من عدة أشرطة متراصة الواحدة بجوار الأخرى ، أشبه ما تكون بأشرطة الجبل . ويتكون بنفس الطريقة تركيب مماثل ، وذلك بتقطيع أسطوانة الكميوم الأصلية إلى عدة أشرطة ، وقد تنقطع الأسطوانة الوعائية نفسها ، والمتكونة من هذا الكميوم ، عن طريق تداخل برنثيمة الخشب (شكل ١٤١ ك) إذ أن الزيادة الكبيرة في الخلايا البرنثيمية في الخشب واللحاء تترك الأنسجة الأصلية والمتكونة أولاً ، كما تترك أيضاً صفيحة الكميوم التي كوتتها .

اللحاء بين الخشبى : قد يحدث في حالات أخرى تغيرات من نوع آخر في نشاط الكميوم ينتج عنها ما يسمى باللحاء بين الخشبى . وهذا النوع من اللحاء ثانوى ، تكون على هيئة أشرطة منطرفة في الخشب الثانوى . ويتكون اللحاء بين الخشبى داخل الخشب الثانوى بطريقتين . على أنه من الممكن اعتبار تكون اللحاء بطريقة واحدة فقط (وقد وصفت الثانية أيضاً فيما بعد) إذ أن نشاط الكميوم في هذه الأنواع من النمو قد درس في نباتات قليلة فقط . ففي بعض

النباتات مثل العسم^(١) واتنادا^(٢) يقال ان بعض أجزاء الكميوم تعطى الى الداخل خلايا لحاء لمدة قصيرة ، بدلا من خلايا الخشب التى تنتج عادة . وبعد فترة من هذا النشاط ، تعود هذه الأجزاء من الكميوم الى نشاطها العادى ، وبذلك ينظم اللحاء المتكون للداخل بواسطة الخشب . وفى نباتات أخرى مثل جوز القىء^(٣) تتكون أشرطة اللحاء بين الخشبى الى الخارج كجزء من اللحاء الخارجى العادى ، ولكن هذه الأشرطة تنظم بعد ذلك فى الخشب بالطريقة الآتية :

تتوقف بعض أجزاء الكميوم عن النشاط وتتحول خلاياها الى نسيج توصيلى تام النمو . ثم تظهر أجزاء من الكميوم كمرستيم ثانوى فى اللحاء ، على بعد بضعة صفوف للخارج من الكميوم الأصيلى أو تظهر فى البريسكيل . ثم تتحد هذه الأجزاء بأطراف أجزاء الكميوم فى أسطوانة الكميوم العامة ، وتكون هذه الأجزاء الأخيرة مستمرة فى نشاطها المادى . وبذلك تضم فيما بينها شريطا من خلايا اللحاء . وتكرر هذه العملية فى أجزاء أخرى من الكميوم ، بحيث يحتوى الخشب الثانوى بعد ذلك على عدة أشرطة من اللحاء مبعثرة داخله .

ويتكون اللحاء المطور بين أنسجة ثانوية أخرى فى النمو الثانوى لبعض ذوات الفلقة الواحدة (الفصل الرابع) . وتنتج أيضا أنواع أخرى من اللحاء المطور ، عن طريق تكوين طبقات كميومية إضافية أخرى خارج اللحاء كما يتبين فيما يلى . وفى بعض النباتات توجد بعض هذه الطرق مجتمعة .

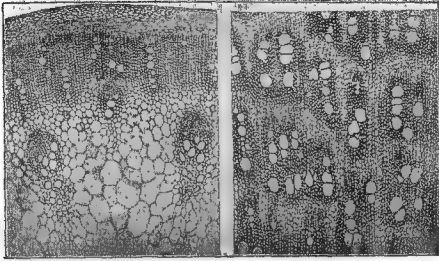
تكوين ونشاط الكميوم الإضافى : ترجع كثير من الأنواع غير العادية الى تكوين مناطق كميومية ثانوية . تنشأ هذه المناطق عادة فى البريسكيل وتقوم بوظيفتها ، كما يقوم الكميوم العادى . وفى الحالات التى يكون فيها الكميوم الأصيلى غير عادى فى وظيفته ، فإن هذه المناطق الجديدة من الكميوم تعيد هذا النشاط غير العادى . ويظهر هذا النشاط الكميومى الثانوى بعد أن تتوقف الطبقة الأولى عن نشاطها . وقد تظهر عدة طبقات إضافية على التوالى وتتوقف عن النشاط وبذلك تتكون أسطوانة من طبقات مركزية متبادلة من الخشب واللحاء (شكل ١٤١ ب) . وعندما تقتصر طبقات الكميوم الثانوى على بعض

أجزاء ضيقة من المحيط ، تتكون سوزق مفلطحة أو مجمعة كثيرا . وعندما تتكون هذه الطبقات على جانب واحد أو جانبيين متقابلين ، تتكون نتيجة لذلك ساق شبيهة بالشريط (شكل ١٤١ و) .

وتوجد أغلب هذه الأنواع من الأعمدة الوعائية المتحاورة في نباتات لها طريقة نمو خاصة ، فكثير منها نباتات خشبية متسلقة ، وفيها تبدوا هذه التحورات مرتبطة بنوع الساق وما يتطلبه تركيبها من تدعيم .

ويوجد في فصائل عرف الديك^(١) والرمامية^(٢) وبعض الفصائل الأخرى القريبة منها نوع آخر من النمو الشاذ . فتتكون في بادئ الأمر أسطوانة جوفاء من أنسجة وعائية أو تتكون حلقة من حزم مرتبة بغير نظام . بعض هذه الحزم ابتدائي وبعضها ثانوي . ولكن نشاط الكميوم يتوقف فجأة ويتكون بدلا منه كميوم ثانوي جديد في البريسكيل ، أو خارج الحزم مباشرة ، ويقوم هذا الكميوم الجديد ، في بعض الأنواع ، بتكوين أنسجة ناحية المركز على هيئة حزم (شبيهة بالحزم المتكونة سابقا) وتنظم في النسيج غير الوعائي . وقد سمي النسيج الأخير بعدة أسماء مثل النسيج الضام أو النسيج بين الحزمي أو النسيج المتوسط . ويتركب من خلايا مستطيلة ملجئة تستطيع أن تكون في بعض الأنواع الشجرية « خشبا » غاية في الصلابة . ويكون الكميوم كمية قليلة من البرنثسية للخارج وقد لا يكون شيئا مطلقا . كما أن الحزم التي تتكون بهذه الطريقة قد لا تكون مرتبة ، أو قد تكون مرتبة في حلقات متوازية محدودة . وفي الرمام (شكل ١٤٢) يتكون اللحاء للخارج ولكنه ينظم بعد ذلك نتيجة لتكوين قوس من الكميوم خارجه . وفي هذا الجنس بالذات يصمد هذا الكميوم الثانوي مكونا باستمرار ذلك النسيج المعقد من الحزم المطورة . وفي أجناس أخرى سرعان ما يحل محل الكميوم الثانوي الأول طبقات أخرى من الكميوم وتكون هذه الطبقات بالتتابع حلقات من الحزم المطورة .

ويشبه الى حد كبير نشاط طبقات الكميوم الثانوي الكميوم العادي في نباتات أخرى من هذه الفصائل . ولكن هذا النشاط يتعد نتيجة لاستمرار النمو الابتدائي . ويعطي جذر البنجر العادي مثلا واضحا لهذه الحالة (شكل ١٤٣) . (ويتركب ما يسمى « جذر » ومنطقة الانتقال ويضع عقد من الساق)

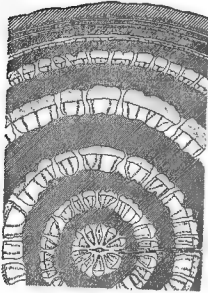


(شكل ١٤٢)

النمو الثانوي الشاذ في نبات المرام (١) (٢) جزء من ساق حديثة بين الحزم النخامية (بانسجة ابتدائية وثانوية) داخل الأسطوانة الثانوية . (ب) جزء من الأسطوانة الثانوية بين المجموعات المتبادلة من الخشب واللحاء والنسيج الغامق . (الخشب داكن اللون - اللحاء بقع ممددة والانسجة

اذ يكون الكميوم الأول حلقة من الحزم قريبة من الخشب الابتدائي . ثم سرعان ما يظهر كميوم ثانوي في البرسيكل ، يتبعه تكوين طبقات أخرى بتتابع سريع بنفس الطريقة . ثم تستمر جميع هذه الطبقات في نشاطها ، ربما بلا توقف . ولكنها تبدأ سريعة ثم تبطئ بعد ذلك . ويبدو الكميوم عند ظهوره على هيئة شريط كامل ولكنه يكون حزاما منفصلا الى حد ما ، كما يعطى أثر طرقة من البرنثسية الضامة بين الحزم الوعائية . ويكون موقع كل طبقة من طبقات الكميوم عند ظهورها بحيث تقسم داخلها بضع طبقات من خلايا البرسيكل . وتنقسم هذه الخلايا وتتضاعف مكونة طبقة برنثسية بسرعة قد تفوق سرعة تكوين الكميوم للطبقة الوعائية . وبهذه الطريقة تتكون طبقات متبادلة من البرسيكل متضاعف وحزم وعائية . وتكون الطبقات الأولى الحلقات الداكنة في جذر النجر أما الطبقات الثانية فتتكون الحلقات ذات اللون الفاتح . وتكون معظم الحزم الوعائية ذاتها من خلايا برنثسية مع قليل من خلايا ملجئة في منطقة الخشب . ويستمر النمو خلال جميع الطبقات . ويستمر في الحزم سواء كان عن طريق النشاط الكميومي أو بتضاعف الخلايا البرنثسية الموجودة في الخشب واللحاء . وبهذه الطريقة

يزداد جذر البنجر . في الحجم عن طريق نمو جميع طبقاته . وقد لا تكون جميع الطبقات في اسطوانات كاملة ولكنها تلحم بغير نظام بطبقات أخرى بحيث يتكون نتيجة لذلك تركيب معقد غير متماثل .



(شكل ١٤٣)

قطاع عرضي في جذر البنجر يبين النمو الثانوي الشاذ . وتظهر فيه طبقات متبادلة من الحزم الوعائية والبريسكيل المتضاعف (مخطط في الشكل) ، كما يظهر اللحاء (منقط) والخشب في صفوف قطرية ، وبرنشية الخشب والنسيج بين الحزم الثانوي غير مظلل . كما تبدو جميع الطبقات في حالة نمو

وقد يرجع التركيب الشاذ في بعض الأحيان الى وجود حزم نخاعية وحزم قشرية وقد توجد هذه الحزم مع تراكيب أخرى غير عادية أو قد توجد في سوق يكون تركيبها عاديا فيما عدا ذلك . هذه الحزم النخاعية قليلة الوجود في السرخسيات كما في بتريديم . أما في ذوات الفلقتين فتوجد الحزم النخاعية في عدد كبير جدا من الفصائل مثل الفلغلية (١) والشقيقة وفصيلة عرف الديك والبربريس والفصيلة القرعية . أما الحزم القشرية فأقل شيوعا من الحزم النخاعية ، ومعروفة بين النباتات التي تنتمي لفصيلة الكاليكشية (٢) والساج الهندي (٣) ويندر وجودها فيما عدا ذلك . كما أن كثيرا من الحزم التي تسمى بالحزم القشرية هي في حقيقة الأمر حزم المسيرات الورقية التي تسير خلال القشرة

لمسافة ما قبل دخولها في العمود الوعائي ، كما هي الحال في بجونيا وكازورينا . وفي النباتات ذات القشرة اللحمية مثل كثير من نباتات الفصيلة الشوكية (٤) حيث

(١) يستعمل هذا السرخس بشكل شائع ليعين تركيب الساق في السرخسيات ولكن بسبب هذه الصفة ولنواحي غير عادية أخرى في تركيبه يعتبر اختيارا غير موفق ويجب أن تستعمل بدلا منه انواع نموذجية .

Calycanthaceae (٣)

Piperaceae (٢)

Cactaceae (٥)

Melastomaceae (٤)

تختزل الأوراق وتقوم القشرة الى حد كبير بعملية البناء الضوئى تنفرع المسبرات الورقية عند قاعدتها وتخترق فروعها الأنسجة القشرية .

وتوجد الأنواع المختلفة من تراكيب الجذر والساق ، والتي توصف فى كثير من الأحيان بأنها تراكيب غير عادية ، فى كثير من فصائل النباتات الوعائية ، أى السرخسيات والسيكاديات وكاسيات البذور . وفى هذه المجموعة الأخيرة ، توجد هذه التراكيب فى كثير من الفصائل ، كما أن بعض هذه الفصائل الأخيرة ، تكون نباتاتها ذات تراكيب غير عادية .

المراجع — REFERENCES

- AREEB, A. : Studies in the Gramineae, IX. The nodal plexus, *Ann. Bot.*, **44**, 593-620, 1930.
- BANCROFT, H. : The arborescent habit in angiosperms, A review, *New Phyt.*, **29**, 153-169, 227-275, 1930.
- CHAMBERLAIN, C. J. : Growth rings in a monocotyl, *Bot. Gaz.*, **72**, 293-304, 1921.
- CHAUVEAUD, G. : L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 9 sér., **13**, 113-438, 1911.
- COL, A. : Recherches sur la disposition des faisceaux dans la tige et les feuilles de quelques dicotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 8 sér., **20**, 1-288, 1904.
- COMPTON, R. H. : Theories of the anatomical transition from root to stem, *New Phyt.*, **11**, 13-25, 1912.
- DORMER, K. J. : An investigation of the taxonomic value of shoot structure in angiosperms with especial reference to Leguminosae, *Ann. Bot. N. S.*, **9**, 143-152, 1945.
- GÉRARD, R. : Recherches sur le passage de la racine à la tige, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **11**, 279-430, 1881.
- GWYNNE-VAUGHAN, D. T. : Observations on the anatomy of solenostelic ferns, Part I, *Ann. Bot.*, **15**, 71-98, 1901. Part II, *Ann. Bot.*, **17**, 689-742, 1903.
- HÉRAUL, J. : Recherches sur l'anatomie comparée de la tige des dicotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **2**, 203-314, 1885.
- JEFFREY, E. C. : The morphology of the central cylinder in the angiosperms, *Trans. Can. Inst.*, **6**, 599-636, 1899.
- : The structure and development of the stem in the pteridophyta and gymnosperms, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, **195B**, 119-146, 1903.
- : "The Anatomy of Woody Plants," Chicago, 1917.
- and R. E. TORREY : Physiological and morphological correlations in herbaceous angiosperms, *Bot. Gaz.*, **71**, 1-31, 1921.
- LAMOUNETTE, M. : Recherches sur l'origine morphologique du liber interne, Thesis, Fac. Sci., Paris, 1891.

- PFEIFFER, H. : Das abnorme Dickenwachstum, in Linsbauer, K. : "Handbuch der Pflanzenanatomie," IX, 1926.
- ROSSELER, P. : Das Dickenwachstum und die Entwicklungsgeschichte der secundären Gefäßbündel bei den baumartigen Lilien, *Jahrb. Wiss. Bot.*, 20, 292-348, 1889.
- SARGANT, E. : A new type of transition from stem to root in the vascular system of seedlings, *Ann. Bot.*, 14, 633-638, 1900.
- SCHENCK, H. : Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen. In SCHIMPER, A. F. W. : "Botanische Mittheilungen aus den Tropen" 4, Jena, 1892.
- SCHOUTE, J. C. : Die Stammesbildung der Monocotylen, *Flora*, 92, 32-48, 1903.
- SCOTT, D. H., and G. BEEBNER : On the anatomy and histogeny of *Strychnos*, *Ann. Bot.*, 3, 275-304, 1889.
- : On the internal phloem in the root and stem of dicotyledons, *Ann. Bot.*, 5, 259-300, 1891.
- SCHWENDENER, S. : Das mechanische Princip im Bau der Monocotyledonen, 1874.
- SINNOT, E. W. : The anatomy of the node as an aid in the classification of angiosperms, *Amer. Jour. Bot.*, 1, 303-322, 1914.
- and I. W. BAILEY : Investigations on the phylogeny of the angiosperms, No. 4. The origin and dispersal of herbaceous angiosperms, *Ann. Bot.*, 28, 547-600, 1914.
- SKUTCH, A. F. : Anatomy of the axis of the banana, *Bot. Gaz.*, 93, 233-258, 1932.
- STRASBURGER, E. : Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen, Histologische Beiträge III, Jena, 1891.
- VAN TIEGHEM, P. : Sur les tubes criblés extralibériens et les vaisseaux extraligneux, *Jour. Bot.*, 5, 117-128, 1891.
- and H. DOULLOT : Sur la polystélie, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., 3, 275-322, 1886.
- WEISS, J. E. : Das markständige Gefäßbündelsystem einiger Dicotyledonen in seiner Beziehung zu den Blattspuren, *Bot. Centralbl.*, 15, 280-295, 318-327, 358-367, 390-397, 401-415, 1883.
- WORDSWORTH, W. C. : The origin and meaning of medullary (intraxylary) phloem in the stems of dicotyledons, II. Compositae, *Ann. Bot.*, 33, 421-458, 1919.

الفصل الثالث عشر

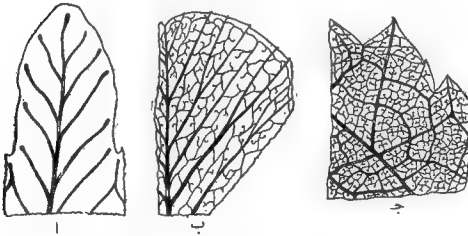
الورقة

الورقة عضو متخصص في القيام بعملية البناء الضوئي . وتعتبر هذه العملية أهم وظائف النبات ، لأن غيرها من الوظائف مرتبط بها ، أو يعتمد عليها ، بطريق مباشر أو غير مباشر ، وبالورقة أنسجة هامة تقوم بعمليتي الامتصاص والانتقال ، وتعزى أهمية هذه الأنسجة ، لأنها تمد الورقة بالمواد التي تشترك في عملية البناء الضوئي ، ولأنها تنقل المواد الناتجة منها . وهذه الأنسجة دعامة مركبة في النباتات الكبرى ، وهي تساعد على حمل مساحات كبيرة من الأوراق ، وتعرضها للضوء ، فتقوم بعملية البناء الضوئي على أحسن وجه . والورقة عضو ذو أهمية قصوى للنبات وغيره من الكائنات الحية ، حيث أن كل الأحياء ، فيما عدا بعض أنواع البكتريا المتخصصة ، تعتمد بطريق مباشر أو غير مباشر على نواتج البناء الضوئي .

الشكل الخارجي للورقة : يختلف شكل الورقة تبعاً لاختلاف المجموعات النباتية . ففي بعض المجموعات النباتية البدائية ، تظهر الورقة كزائدة جانبية على المحور النباتي ، وتنشأ من أنسجة البشرة والبشرة ، والأنسجة الوعائية . ويتكون هيكل الورقة من الأنسجة الوعائية الخشب واللحاء ، وما يصاحبهما من أنسجة اسكلرنشيمية - التي تضم الأنسجة الخضراء الناشئة من القشرة . أما بشرة الورقة فمتصلة ببشرة الساق . والورقة في المجموعات النباتية الأخرى كالسراخس والنباتات البذرية - عبارة عن ساق مختزلة ، التحمت أجزاؤها بدرجات متفاوتة وتشبه الورقة في كثير من ذوات الفلقة ، وبعض ذوات الفلقتين العنق الورقي أي أنها عنق منبسطة مفلطح . كما تقوم بوظيفة الورقة في بعض النباتات ، مثل نباتات فيلوكلاداس^(١) فريعات ملتحمة تشبه الورقة شكلاً ، ولكن تركيبها الداخلي وموضع وترتيب الأنسجة الوعائية داخلها ، يؤكد أنها فروع الساق (انظر أنواع الأوراق الفصل الرابع عشر) .

وتتكون الورقة من أجزاء ثلاثة عادة : الجزء المفلطح حيث توجد معظم الأنسجة الخضر وهو النصل والعنق الذى يحمل النصل على محور النبات كما ينقل الغذاء والقاعدة وهى الجزء المتصل بالساق مباشرة وقد توجد الأذينات وهى عبارة عن زوج من الفصوص أو الزوائد الجانبية الصغيرة عند قاعدة الورقة. ولا توجد الأذينات فى كثير من النباتات ، أو سرعان ما تختفى منها بانفصالها عنها وسقوطها . ولكنها مستديمة فى بعض النباتات الأخرى ، وأحيانا تشترك بنصيب وافر فى عملية البناء الضوئى ، كما فى البسلة وتعتبر الأذينات من الناحية التشريحية زوائد عند قاعدة الورقة ، تمددها بالغذاء أوعية ناشئة من أصول الحزم الورقية .

تنقسم الأوراق من حيث التعرق الى نوعين ، أحدهما متوازى التعرق ، وفيه تتخلل الحزم الرئيسية الورقة دون أن تتشابك ، والآخر شبكى التعرق ، وفيه تتشابك الفروع الرئيسية للجهاز الوعائى . وهناك أنواع أخرى من التعرق مثل الريشى والراعى ، أو المعلق والمفتوح — وغيرها من الأنواع ، تعتمد فى تصنيفها على أساس ترتيب الحزم الوعائية بالورقة .



(شكل ١٤٤)

الهيكل الوعائى للأوراق (١) ورقة الأسبيديوم (١) حيث لا توجد جزر واضحة بين العروق ، (ب) جزر من ورقة البرسيم ، حيث ينفذ على الجذور بين العروق عدم الوضوح (ج) جزء من ورقة التفاح مالى بيوميل (٢) بين الجزر محددة وهو النوع الغالب

Malus pumila (٢)

Aspidium (١)

ومهما كان ترتيب الحزم الوعائية الكبرى بالورقة ، فإن فروعها الدقيقة في أوراق كاسيات البذور، تحيط في النهاية بمساحات صغيرة من نسيج البناء الضوئي وتصيح وثيقة الصلة بها (شكل ١٤٤ ب، ج) وقد سميت هذه المساحات الصغيرة بين العروق الدقيقة بالجزر . ويمكن اعتبارها وحدات تركيبية محددة محاطة بحزم وعائية صغيرة، يرتبط عملها بنسيج البناء الضوئي ، بخلاف الحزم الكبرى المحاطة عادة بنسيج سكلرنشيمي . ويختلف حجم وشكل الجزر بين العروق باختلاف أنواع التفرع ، وباختلاف نوع النبات . فهي غير واضحة في بعض النباتات وخصوصا السراخس والنبيليات (شكل ١٤٤ أ) وتنمو هذه الجزر وتزداد مساحة سطحها تبعا للنمو العام للورقة ، حتى اذا اكتمل نمو الورقة ، في أي نوع من النبات ، تصبح مساحات الجزر ثابتة ، بصرف النظر عن حجم الورقة ، أو عمر النبات .

توزيع الأوراق : تتوقف طريقة توزيع الأوراق على الساق ويعتمد اختلاف شكلها وحجمها على كمية الضوء التي يتعرض لها سطحها الذي يقوم بالبناء الضوئي . وتعرف طريقة توزيع الأوراق على الساق ، بالافتراق الزاوي . ومع أن اختلاف شكل الأوراق ذو أهمية لعلم تقسيم النبات ، إلا أنه وثيق الصلة باختلاف التركيب الداخلي للنبات . وتختلف أنواع الافتراق الزاوي باختلاف ترتيب المسيرات الورقية الناشئة من الاسطوانة الوعائية الابتدائية للنبات . كما تختلف أشكال وأحجام فصل الورقة ، باختلاف كمية وترتيب الاسكلرنشيمة والأنسجة الوعائية بالورقة .

نشأة الورقة : تنشأ الأوراق من النسيج الانشائي الأول بالقمة النامية للساق . وتظهر بداية الورقة أول ما تظهر ، كتوء مستدير أو اسفيني الشكل ، على جانب النسيج الانشائي الأول . ويساعد على ظهور بداية الورقة ، انقسام الخلايا عموديا على السطح ، وموازيا له ، في الطبقات الخارجية للنسيج الانشائي الطرفي تحت القمة مباشرة . وتوجد عند قمة التوء الورقي ، مجموعة من الخلايا الانشائية ، التي تكون النسيج الانشائي الطرفي للورقة . ويختلف سلوك هذا النسيج الانشائي باختلاف شكل وتركيب الورقة النامية .

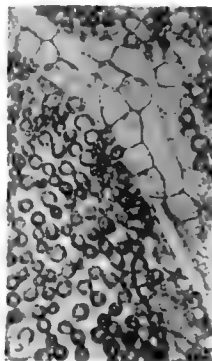
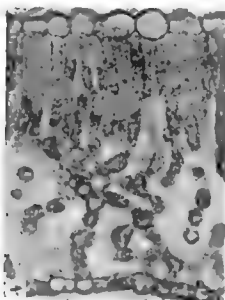
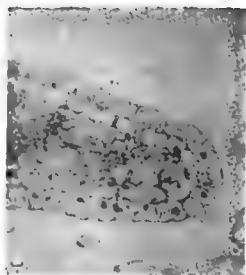
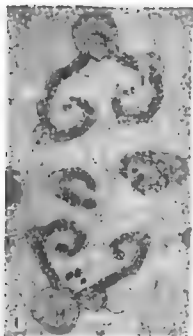
وعند تكون ورقة بسيطة لنبات ذي فلقتين ، يبنى هذا النسيج الانشائي الطرفي ، جسما قصيرا أصبعي الشكل ، مفلطحا عند طرفه البعيد . وإذا كانت

الورقة ذات أذينات تتكون الأنسجة الانشائية للأذينات مبكراً، وتبدو كاتفاخت عند قاعدة هذا الجسم . ثم تظهر على الجسم الأصبعي الشكل ، فيما عدا قاعدته ، حافتان جانبيتان هما النسيجان الانشائيان الحافيان ، اللذان يكونان نصل الورقة (شكل ١٤٥ أ) . وأثناء نمو الورقة ، تظل قاعدة الجسم الأصبعي الشكل دون تمدد ، وتكون نسيجاً انشائياً بينياً ، هو الذي يبنى عنق الورقة .

ويصبح جسم النسيج الانشائي الأصبعي الشكل، عرق الورقة الوسطى . وفي الأوراق المركبة الريشية ، يبنى النسيج الانشائي الطرفي المتكون أولاً ، المحور المركزي أو محور النصل . وتنشأ الوريقات الجانبية من بادئات تظهر جانبياً على هذا الجسم ، وتعمل كأنسجة انشائية طرفية لتكون محور كل ورقة . ثم تكون الأنسجة الانشائية الحافية على محاور هذه الوريقات ، نصال الوريقات كما في الأوراق البسيطة .

ويتكون نصل الورقة تبعاً لنظام معين يختلف في بعض التفاصيل الصغيرة فقط . فتنشأ البشرة من الطبقة السطحية للنسيج الانشائي الحافي، بانقسام الخلايا في مستويات عمودية على السطح . وتنشأ خلايا تحت البشرة على سطحي الورقة ، بانقسام الخلايا عمودياً على السطح . وتظل طبقات تحت البشرة واضحة تماماً في المراحل الأولى من النمو ، وتتمو مسايرة نمو الورقة بانقسام خلاياها المستمر عمودياً على السطح . وفي المرحلة التالية من النمو ، تكون الطبقة القريبة من المحور ، تكون الطبقة العليا من الخلايا العمادية ، وتكون الطبقة البعيدة عن المحور ، الطبقة السفلى من البرنشيمة الأسفنجية ، وربما كونت أيضاً بعض الطبقات الأعق ورأ من النسيج المتوسط بانقسام خلاياها موازياً للسطح (شكل ١٤٧) .

وتتكون الأنسجة المركزية للنسيج المتوسط ، بانقسام بدايات تحت البشرة في النسيج الانشائي الحافي ، موازياً للسطح . وتنقسم الخلايا الداخلية الناتجة من الانقسام السابق في كل المستويات ، مكونة النسيج المتوسط المركزي ، الذي يتربك من الجزء الداخلي من البرنشيمة الأسفنجية والحزم الوعائية ، وأحياناً يصل إلى الطبقات الداخلية للنسيج العمادي (شكل ١٤٧) ، وتحدث انقسامات سريعة موازية للسطح ، في المنطقة الوسطى للنسيج المتوسط ، قريباً من النسيج الانشائي الحافي (شكل ١٤٥ ب) ، فيتكون بسرعة ، أكبر عدد من طبقات الورقة ملاصقة لهذا النسيج الانشائي .



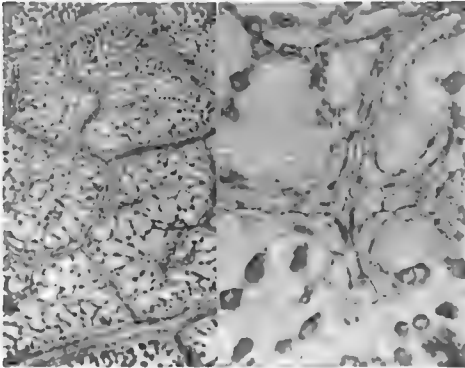
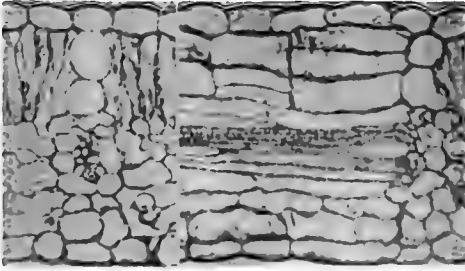
(شكل ١٤)

نمو وتركيب ورقة مالوس بيوميل (١) ، أ ، قطاع عرضي في ساق خضيرة فوق القمة النامية تبين
 حطرات متنامية نحو المحل ، الورقات الأولى والثانية (اليسرى واليمنى في وسط الشكل على
 الترتيب) تبين الأنسجة الانشائية العالية ناعية على طول الجوانب السفلية للعروق الأوسط ، ويتضح
 العروق الوسطى والعروق الابتدائية في الورقة الثالثة والورقة الرابعة (السفلى والعليا على الترتيب)
 أما الأقسام لصغيرة المستديرة فهي عدد ب ، قطاع عرضي في السنجع الإشبالي العالي مما طبقة
 البشرة الناعية من أقسام عمودي على السطح فقطع والسنجع المتوسط المركزي ناتج من أقسام عمودي
 وآخر مواز للسطح : إلى اليسار تنبر عرق ، إلى اليمين تظهر شمرة ناعية من خلية شمرة . ج ،
 قطاع عرضي في عرق صغير مما علاف الحزمة محيطا بالناصر الوعائية ، وتحتوي حيط من الخلايا
 العمادة والسنجع المتوسط الأسفسي وتصل خلايا علاف الحزمة . د ، قطاع مواز لسطح الورقة
 خلال النسيج النعادي والحزمة العلوي من أحد العروق مبينا المسافات البينية في السنجع النعادي .
 (عن فاك دانياال وكوارت)

Malus pumil : (١)

نشأة العنق والأذنيات : يظهر العنق ملازما لنصل الورقة ، فتنقسم خلايا النسيج الانشائي للعنق ويتبع ذلك استطالتها .
وتختلف نشأة الأذنيات باختلاف صلتها بقاعدة الورقة . وفي معظم ذوات الفلقتين تتصل الأذنيات بقاعدة الورقة. وتظهر الورقة الصغيرة في الأوراق الأولى بهذه النباتات ذات ثلاث شعب لنمو الأذنيات بسرعة ، وفي أنسجة انشائية قيمة وحافية ، وقد تظهر الأذنيات في القطاع العرضي ذات حجم مساو أو أكبر من عنق الورقة في البراعم الساكنة، وقريبا من النسيج الانشائي الطرفي للسوق الصغيرة . وتسقط معظم أشجار المناطق الحارة أذنياتها قبل أو بعد نضوج أوراقها . وتختلف قليلا نشأة الأنواع الأخرى من الأذنيات ، كالأذنيات المغلفة ، والأشواك الأذينية ، ولأذنيات المتصلة جانبيا بعنق الورقة .

عمر الورقة : تستمر أوراق معظم النباتات في النمو القمي والحافى لمدة قصيرة نسبيا ، ولكن القمة النامية الطرفية لأوراق السراخس ، تظل موجودة فترة من الزمن وتستمر القمة في النمو بعد نضج قاعدة الورقة . وفي بعض الأجناس يستمر النمو القمي فترة قد تزيد على العام ، وتتكون نتيجة لذلك أوراق طويلة جدا . وفي النباتات الأخرى ، عدا السراخس ، يقف النمو القمي والحافى مبكرا ، ويستمر النمو العام في الورقة الصغيرة . ويتضح الشكل العام والتركيب الأساسي لمعظم الأوراق والورقة ما تزال صغيرة . وتوجد أوراق صغيرة بالبراعم الشتوية لكثير من أشجار المناطق الحارة مثل نبات ليريود نندرون^(١) تشبه في شكلها الأوراق الكاملة النمو وجهازها الوعائي الرئيسي واضح المعالم ، كما أن بها ، منذ البداية جزءا لا بأس به من الخلايا . وينتج النمو التالي من زيادة سريعة في حجم الخلايا ، ومن نضج خلايا النسيج المتوسط والأنسجة الوعائية ، يحدث ذلك أثناء فترة تمدد الورقة . وقد تكون خلايا جديدة في الورقة أثناء هذه الفترة وعندما تصل الورقة الى حجمها النهائي ، يزيد عادة قطر الحزم الوعائية الكبرى بالنمو الثانوي . وطبيعي أن هناك اختلافا كبيرا في الوقت الذي تحتاجه الورقة لاكمال نموها في النباتات المختلفة . ففي النباتات الخشبية بالمناطق المعتدلة ، يكتمل تمدد الأوراق ونضوجها بسرعة ، وتتوقف فترة النمو على درجات الحرارة الموسمية . ففي كثير من نباتات المناطق الحارة ، وفي الأنواع العشبية ذوات



الشكل ١٦

التركيب النسيجي للورقة . ١ . قطاع عرضي في عرق صغير بورقة نبات فليس مانسبار (١) . النسيج النسيجي
التركيبة النسيجية والحدود الحرة حتى طبقة البشرة . ٢ . قطاع طولي في عرق ورقة نبات
فليس مانسبار . النسيج النسيجي باللون . ٣ . قطاع عرضي الجزء من عرق متصل بين خلايا عداد النسيج
وخلايا البشرة المستطيلة في اتجاه عرق . ٤ . قطاع طولي من عرق حائل يوصل (٢) . النسيج
خلال النسيج النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي
(١) النسيجي (٢) النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي
التركيبة النسيجية النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي النسيجي

Malus pumila (٧)

Vitis vulpina (١)

الأوراق الكبيرة جدا ، تمتد فترة النمو زمنا أطول . وتظهر الأنسجة الانشائية البينية بالأوراق الشريطية بكثرة ، كما في النجيليات عامة ، وفي أجناس مثل الزنبق^(١) والبصل والثوم^(٢) والصنوبر . وفيما عدا بعض عاريات البذور الشاذة كما في نبات فلفنتشيا^(٣) تبقى هذه الأنسجة الانشائية لفترة قصيرة نسبيا ، ولكنه يبدو أن فترة نشاطها في النبات السابق ذكره غير محددة .

نشأة النسيج الوعائي بالورقة : تكون الأنسجة الوعائية الابتدائية لنصل الورقة وعناقها ، جهازا متصلا بالمسير الورقى . وتنشأ جميع أجزاء هذا الجهاز الوعائى من الكميوم الأولى ، ولو أن فترة نضوجه تختلف في أجزاء الورقة المختلفة . وينضج عادة ، أول ما ينضج من النسيج الوعائى (الخشب واللحاء) جزؤه الظاهر من المسير الورقى قريبا من مكان اتصال الورقة بالساق ، وفي هذا المكان يتميز النسيج الوعائى عادة ، بعد تكون بداءة الورقة مباشرة ، قريبا من الطرف النامى .

وقد أثبتت المشاهدات الحديثة ، أن أنسجة اللحاء بالورقة والأنابيب الغربالية بصفة خاصة ، تظهر في تعاقب قسمى من أشرطة الكميوم الأولى الناتجة من اللحاء السفلى الذى يؤدي وظيفته . ولا يتكون خشب في أصل الحزمة الورقى الناشئ حتى يكتمل ظهور وحدات الأنابيب الغربالية عند قاعدة بداءة الورقة ثم تظهر أنسجة الخشب في هذا الوقت ، ويمتد ظهورها في تعاقب قسمى وآخر قاعدى . وربما كان نضج عناصر الأنابيب الغربالية في تعاقب قسمى من النسيج الوعائى السفلى الناضج أو قد يكون غير متصل في شريط اللحاء الأول . وبينما تستطيل وتمتد بداءة الورقة تمتد الحزم الوعائية بعيدا ، من المسير الورقى .

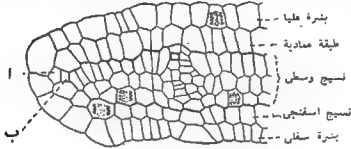
وتنشأ شبكة العروق المعقدة داخل نصل الورقة النامى ، من أشرطة الكميوم الأولى ، التى تنشأ بدورها من اقسام الخلايا الانشائية بالنسيج المتوسط المركزى في الورقة الصغيرة ، (شكل ١٤٧) . ويحدث مثل هذا الاقسام ملتصقا بالنسيج الانشائى الحافى ، أو في مكان آخر بالورقة ، حيث يستمر اقسام الخلايا . وقد يتبدى تميز العناصر الوعائية كأشرطة منعزلة نوعا تنمو في كلا الاتجاهين لتصل بالأجزاء الأخرى من النسيج الوعائى .

Allium (٢)

Iris (١)

Weiwitschia (٣)

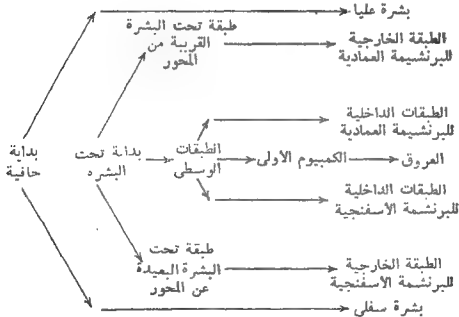
وتنشأ نفس الأنواع السابقة من الخلايا عند ظهور الأشرطة الناقلة بالورقة ،
وينفس تكونها بسوق النبات . ومع ذلك ، فهناك عادة ، نسبة أكبر من عناصر



(شكل ١٤٧)

تشابة الطبقات الداخلية للورقة . حافة التصل الصغير لورقة الطابق (١) في قطاع عرضي مبينا انقسام الخلايا في مستوى ممدود على السطح في طبقات البشرة وتحت البشرة وانقسام الخلايا في كلا المستويين الموازي والممدود على السطح في النسيج المتوسط المركزي ١ ، بداية تحت البشرة التي نشأت منها ب ، (من اقري ، بعد التعديل)

الخشب الأول القابل للمط ، وخصوصا قرب نهاية الخزم (شكل ١٤٦ ب ، د)
وفي الأوراق التي بها نمو ثانوي ، يظهر هذا النمو مباشرة بعد أن تصل باقى
أجزاء الورقة الى حجمها النهائي .



(شكل ١٤٨)

شكل تخطيطي يبين كيفية ظهور أنسجة الورقة (من فوستر بعد التعديل)

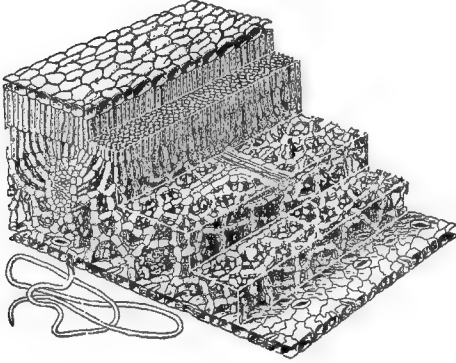
موضع النسيج الوعائى بالورقة :

يظهر اللحاء للخارج قبل أن تترك المسيرات الورقية العمود الوعائى لعاريات وكاسيات البذور . ويتخذ كل من الخشب واللحاء وضعه بالنسبة للآخر أثناء خروج المسيرات الورقية من العمود الوعائى ودخولها الى العنق والنصل ، بحيث يبدو اللحاء فى العنق عامة والنصل عادة ، متجها الى أسفل ، والخشب متجها الى أعلى (شكل ١٤٦ أ ، ١٥٤ ب) .

ورغم أن ترتيب الخشب واللحاء ثابت نوعا فى انصال الأوراق النموذجية ، إلا أن هناك اختلافات عدة فى ترتيبهما بالعنق ويعزى ذلك لتعدد طرق التحام وانقسام والتواء المسيرات الورقية فى مسيرها خلال العنق . وفى كثير من النباتات تظل المسيرات الورقية التى تدخل العنق ، واضحة وتمر الى النصل دون تغير فى تركيبها أو موضعها . وفى غيرها من النباتات ، تلتحم المسيرات فى العنق ، مكونة شريطا وحيدا ، مختلف الشكل ، فى القطاع العرضى ، فتظهر كأسطوانة مفرغة ، أو مجموعة من الاسطوانات التى تشبه العمود الوعائى الى حد ما (شكل ١٥٣ أ ، ب) — وفى بعض النباتات الأخرى ، تنقسم المسيرات الورقية الى عدة أشربة ، ترتيبها وموضعها متنوع . وقد تتكون نتيجة لذلك عدة حزم مركزية بالعنق ، يحيط اللحاء فيها بالخشب ، وعند خروجها من العنق ودخولها الى النصل تتخذ الحزم الشكل المحورى عادة حيث يظهر اللحاء الى أسفل . ومع ذلك فإن الترتيب الموجود بعنق الورقة يظهر أيضا فى العروق الكبرى .

وتمثل المسيرات الورقية الداخلة لورقة واحدة ، فى أوراق كثيرة من السراخس تمثل جزءا لا يستهان به من العمود الوعائى أسفل نقطة اتصالها بالعمود . وتمثل هذه المسيرات الكبيرة فى معظم السراخس جزءا من هيكل اسطوانى مجوف مزدوج اللحاء ، وبمجرد تحررها من العمود ، تصبح مركزية ، يحيط اللحاء فيها بالخشب ، وينتج ذلك من التحام اللطائى الخارجى والداخلى ، على جانبي المسير الورقى . وكذلك يلتحم الاندودرمس الداخلى والخارجى حول المسيرات . وتدخل هذه الحزم الى العنق وتنقسم مكونة الحزم الصغرى بالأوراق المركبة . وينقلب على العروق التفرغ الثنائى ، فى الأجزاء الصغيرة لأوراق كثير من الأنواع وتلتصق القروص الدقيقة فى النهاية ، بالنسيج المتوسط تماما (شكل ١٤٤ أ) ، كما هو مشاهد بكثرة فى أوراق كاسيات البذور . ولكن الجهاز الوعائى

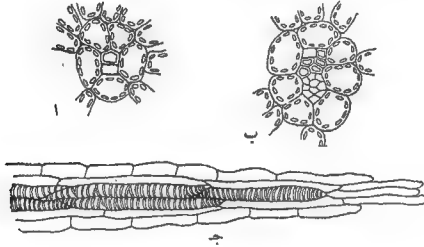
في التريديات ذوات الأوراق الصغيرة ، مثل الليكوبوديوم ^(١) وذيل الحصان ^(٢) ؛
يتكون من حزمة وحيدة تمر دون تفرع الى قمة الورقة .



(شكل ١٤٩)
تركيب ورقة النفلح مبينا أوضاع الخلايا في الأنسجة المختلفة

أما الجهاز الوعائي للأذينات فناتج من المسيرات الورقية الجانبية بعد أن تترك
العمود الوعائي (شكل ٧٠ ك) . وعندما لا تكون الأذينات متصلة بالعنق ،
ولكنها تغلف الساق ، فإن مسيرات الأذينات تخرج من المسيرات الورقية
الموجودة بالقشرة — وقد لا تخرج مسيرات الأذينات من مسيرات الورقة
الا بعد دخول الأخيرة عنق الورقة؛ في حالة اتصال الأذينات بالعنق بحيث تصبح
جزءا مكتملا للورقة . ومسيرات الأذينات فيما عدا النباتات ذوات الأذينات الورقية

الدائمة - عبارة عن حزم صغيرة عادة ، خشبها مكون من عدد صغير نسبياً من العناصر الناقلة ولحائها مكون أساساً من البرنشيمية .



شكل ١٥٠

نهايات الحرم - ١ ، ب قطاعان عرضيان في ورقة مالس بيوميل (التفاح) وتظهر الحزمة مغلقة ببرنشيمية تحتوي على بلاستيدات خضر ١ ، حزمة صغيرة مكونة من لقصية واحدة وخلية برنشيمية ، ب ، حزمة أكبر نوعاً تحتوي على لحاء - ج ، قطاع طولى في بنلة فريزيا^(١) حيث تظهر التقصيبات محاطة بخلايا برنشيمية

عناصر الخشب واللحاء بالأوراق : تشبه الأنسجة الوعائية الابتدائية والثانوية بأعناق الأوراق وعروقها الكبيرة تشبه في تركيبها العمود الوعائي لنفسي النبات - وذلك فيما عدا بعض ذوات الفلقة فاذا تميز الخشب مثلاً بوجود أوعية سلمية بالعمود الوعائي للنبات فانا نشاهدها أيضاً في خشب العروق ، وبالمثل في عناصر اللحاء . ويلاحظ أن الأوعية الخشبية والأنابيب الغربالية وخلايا البرنشيمية الموجودة في أعناق الأوراق والعروق الكبرى لأوراق ذوات الفلقتين أصغر عادة من مثيلاتها في الساق ، كما أن حزم هذه الأجزاء تحتوي على كمية أقل نسبياً من الأنسجة الثانوية ، إذا قورنت بكمية الأنسجة الابتدائية . ولو أن كمية النسيج الثانوى في الأوراق تختلف باختلاف نوع النبات .

وتقل الأنسجة الثانوية كلما تفرعت الحزم الوعائية وأصبحت أصغر فأصغر ، حتى تنعدم تماماً من الحزم الموجودة بالعروق المتوسطة والصغيرة ، كما أن حجم

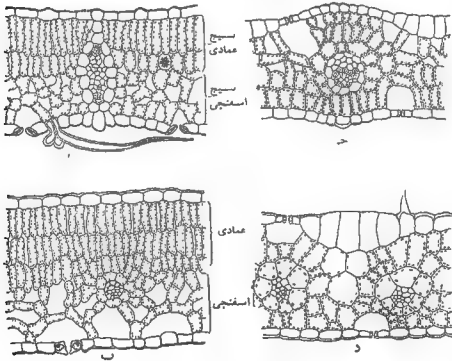
عناصر الأنسجة الوعائية يختزل هو الآخر . مثال ذلك ، تركيب العروق الصغيرة في ورقة نبات خشبي ذى فلتتين كالتفاح ، تركيب من عدة عناصر حلزونية مغلقة أو شبكية يرافقها عدد مساو تقريبا من الأنايب الغربالية الصغيرة ، والخلايا المرافقة ، والخلايا البرنشيمية ، كلها مغلقة بغلاف الحزمة (شكل ١٥٠ ب) ويزيد من الاختزال ، ربما تكون الخشب من عنصر واحد حلزوني (شكل ١٥٠ أ) ويتكون اللحاء من خلية برنشيمية واحدة مستطيلة . وأثناء التدرج من لحاء مكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا برنشيمية ، الى لحاء مكون من خلية برنشيمية واحدة ، يختزل قطر الأنبوبة الغربالية الى قطر الخلية المرافقة أو الى أقل منه ، وذلك قبل اختفائها من اللحاء . كما أن خلية اللحاء الوالدة ، تعجز عن الانقسام في العروق الصغرى . وتسمى الخلية البرنشيمية الناتجة في هذه الحالة — والتي تشبه الخلية المرافقة شكلا — تسمى خلية انتقالية .

نهايات الحزم : تنتهى فروع الحزم الوعائية بالأوراق عندما يسمى نهايات الحزم — وفي الأوراق التي تظهر بها جزر محددة نوعا بين العروق ، تحضى نهايات الحزم في النسيج المتوسط للجزر ، وتنتهى فجأة قريبا من المركز . وقد يزيد حجم بعض نهايات الحزم نوعا عند طرفها أو تتفرع في اتجاهات مختلفة (شكل ١٤٦ ج ، د) . وقد تصبح نهايات الحزم مجرد بروزات قصيرة من العروق ، تمتد خلال النسيج المتوسط في الأوراق ذوات التعرق المتوازي مثل أوراق النجيليات أو في الأوراق التي لا تظهر بها جزر محددة بين العروق ، وتقوم نهايات الحزم ، وكذلك العروق المحيطة بالجزر بمد النسيج المتوسط بالماء والمواد الغذائية كما تمتص وتنقل نواتج البناء الضوئي . والملاحظ أن المسافة التي يقطعها الماء والمواد المذابة خلال النسيج المتوسط دائما ثابتة تقريبا ، وذلك نتيجة للتوزيع الخاص للجزر ونهايات الحزم بالورقة . ففي ورقة التفاح مثلا ، وجد أن المسافة بين نهايات الحزم وبعضها ، أو بين نهايات الحزم والعروق ، التي تحيط بالجزر ، تساوى حوالى ٨٨ ميكرونا .

ويختلف تركيب نهايات الحزم ، الى حد ما ، باختلاف نوع النبات . ومن المحتمل أن تتكون نهاية الحزمة ، في ذوات الفلتتين الوسطية ، من وعاء خشبي واحد صغير حلزوني أو شبكى مصحوبا بخلية برنشيمية واحدة متخصصة ، وتخطأ الخليتان بغلاف حزمى برنشيمى . ويظهر مثل هذا النوع من نهايات

الحزم في أوراق التفاح كما في أشكال ١٥٠ أ ، ١٤٦ د . ويلاحظ أن نهايات الحزم في الثغور المائية وفي بعض الغدد ، وخصوصا الغدد الهاضمة بالنبات آكلة الحشرات (الفصل الرابع عشر) ذات تركيب أرقى من نهايات الحزم الأخرى.

غلاف الحزمة : تحاط الحزم الوعائية للأوراق عادة — فيما عدا بعض الحالات ، كما في بعض النباتات المائية والسراخس الرقيقة — بغلاف يسمى غلاف الحزمة . ويتكون هذا الغلاف من برنشيمة مستطيلة بموازاة محور العرق (أشكال ١٤٦ ح ، ١٥٠ ب) ومتصلة جانبيا بطريقة ما ، بحيث تحيط بالنسيج الوعائي ، بغلاف محكم يشبه الأندودرمس ، ولكنه لا يحتوى مثله على أشربة كاسبار ، وتحتوى هذه الخلايا على بلاستيدات خضراء في كثير من الأنواع كما في نبات مالس بيومبلا ، كما أنها تشبه الخلايا المجاورة ، إلا أنها أكثر منها استطالة



(شكل ١٥١)

تركيب الورقة كما يظهر في القطاع العرضي أ ، البلوط (١) ، ب — مالس بيومبلا (التفاح) ج — الشوفان ، د — اللوز الشامية . أ ، ب تحتوى الورقة على برنشيمة العمادية والاسفنجية ، ج ، د — لا يتميز النسيج المتوسط الى برنشيمة عمادية واسفنجية .

وانتظاما ، كما أن عدد البلاستيدات الخضراء بها أقل نسبيا مما هو موجود بخلايا النسيج المتوسط . وتظهر خلايا غلاف الحزمة متميزة بوضوح في النسيج المتوسط ، في أنواع أخرى ، كما في نبات كاريا ^(١) حيث أنها تصطبغ بلون مخالف ، ولا تحتوى على بلاستيدات خضراء . وتلتصق الأوجه الداخلية لخلايا غلاف الحزمة التصاقا تاما بالعناصر الناقلة بالحزمة الوعائية أو بالخلايا البرنشيمية المجاورة . أما الأوجه الخارجية ، فتلتصق بخلايا النسيج العمادي وخلايا النسيج الاسفنجي ، كما أن خلايا النسيج الأخير تتصل ببعضها ببعض ، مكونة خيوطا تنتهي عادة عند غلاف الحزمة (شكل ١٤٥ هـ) . وتمتد من أغلفة الحزم في بعض العروق ، شفرات أو بروزات فوق وتحت الأغلفة ، حتى تصل إلى البثرتين العليا أو السفلى (شكل ١٥١ أ) .



(شكل ١٥٢)

الجهاز الوعائي في أنساق الأوراق . قطاعات عرضية بالطرف البعيد للمنق مبيها ١ ، نبات أزامم كانادانيز ^(٢) حيث لا يتغير موضع وعدد الحزم ، ب ، نبات سبيريا لندلينا ^(٣) حيث تكون الحزم حلقة ، ج ، نبات كوريلس فيلاندا ^(٤) حيث تكون الحزم اسطوانتين شبيهيتين بالعمود الوعائي ، ساجيتاريا ساجيتفوليا ^(٥) ، انجيليكا ^(٦) انقسام الحزم إلى عدة حزم . (من بيتر)

ويكون غلاف الحزمة طبقة من الخلايا الحية المحيطة بالحزم الوعائية ، ينتقل خلالها الماء والمواد المذابة حتى تصل إلى القصيبات والأوعية والأنابيب الغربالية وربما ساعد الغلاف على توصيل هذه المواد إلى البشرة أيضا ، حيث أنه يتصل عادة بالبشرة ، وعندما تظهر الألياف بوضوح فوق وتحت النسيج الوعائي بالحزم ، يتصل غلاف الحزمة بالنسيج المتوسط عند جانبيه الآخرين فقط (شكل ١٥٧ ب) .

Asarum canadense (٢)

Carya Pecan (١)

Corylus Avellana (٤)

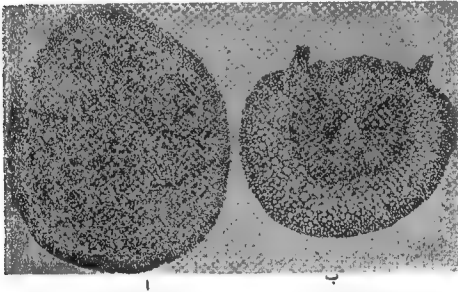
Spiraea hindleyana (٣)

Angelica (٦)

Sagittaria sagittaeifolia (٥)

وما زال أصل غلاف الحزمة مجهولا ، ومن المحتمل أنه جزء من النسيج المتوسط حيث أن شكل خلاياه وتركيب محتوياتها مشابه لخلايا النسيج المتوسط .

الأنسجة الوعائية بالورقة : تعتبر الورقة ذات الفلقتين - من الناحية الدعامية - مجموعة شبكية معقدة من الأشرطة التي تحمل نصلا أو سطحا تمثليا كبيرا نسبيا ، متصل بطرف عنق رفيع . وتقوم كل من الكولنشيمية والاسكلرنشيمية والخشب بدور هام في هذه الأنسجة الدعامية . فالكولنشيمية ذات أهمية كبرى لتدعيم العنق النامي ونصل الورقة ، وتوجد بكثرة في الطبقات الخارجية لقشرة العنق وفي العروق الكبيرة (شكل ١٥٤ أ ، ب) ، كما توجد فوق النسيج الوعائي بالعروق المتوسطة الحجم .

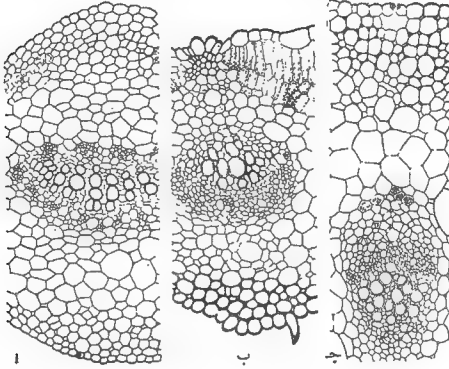


(شكل ١٥٤)

تركيب أعنق الأوراق (أ) الحور (١) وتظهر الأنسجة الوعائية مربعة في أسطوانات شبكية بالاعمدة الوعائية ، ب سيفيا لاناس أو كسيد نتاليس (٢) وتظهر الأنسجة الوعائية على شكل حدود حصان اطرافها متعنية إلى الداخل

ويرتبط وجود الألياف عادة بالأنسجة الدعامية لأعناق أوراق ذوات الفلقتين. وتظهر الألياف على شكل قلسوات حزامية بجانب اللحاء . وتوجد مجموعات

من الألياف أيضا ، على الجانبين العلوى والسفلى لكثير من العروق الكبرى .
وتكون هذه الألياف مصحوبة بكونشيمية غالبا ، هي حواجز رأسية من النسيج



(شكل ١٥٤)

الكونشيمية في الأوراق . ١ ، البطاطا (١) قطاع عرضي في العرق الوسطى ، ب الكرنس (٢) ، قطاع
عرضي في عرق وريقة ، ح ، منق وريقة ريوم وايونتيكام (٣) بصرريح من ا . ا . ف . ا . اوتشفاجر

الدعامى ، فوق وتحت الحزم الوعائية ، تمتد خلال الورقة وتصل البشرة العليا
بالبشرة السفلى (شكل ١٥٧ ب) . يعتبر هذا العمود الذى يكون على شكل
حرف I أفضل طريقة وأعظم كفاية لتدعيم الورقة . وقد أيد كثير من المؤلفين
النظرية التى تقول أن هذا الترتيب للأنسجة الدعامية ، يمنح الورقة أكبر قوة
بأقل كمية من النسيج الدعامى .

وتكون العروق المصحوبة بخلايا اسكلرنشيمية شبكة من الحواجز تمر خلال
الورقة ، وتقسّم النسيج المتوسط الى حجرات محددة نوعا . وتحفظ البشرة

Apium graveolens (٢)

Ipomoea Batatas (١)

Rheum Rhaponticum (٣)

العليا هذه الحجرات كما تدعم النسيج الدعامي الذى يعتبر متديلا منها . ويدعم البشرة العليا بدورها . حواجز من الأنسجة الدعامية الممتدة خلال الورقة . وتقل كمية الاسكلرنشيمية بالحزم ، كلما ، تجزأت الأخيرة الى أصغر فأصغر ، حتى تنعدم تماما من الحزم الصغرى . وتوجد فى بعض الأوراق خلايا حجرية متفرعة منتشرة خلال النسيج المتوسط ، أو تتلجن بشرتها وتحت بشرتها ، وذلك لزيادة قوة الورقة وصلادتها .

قد تتكون العناصر الدعامية بالأوراق وأعناقها من أى نسيج . فالأشربة الليلية أو الأغلفة الملتصقة بالحزم الوعائية ، اما أن تكون الياف لحاء أو الياف بريسيكل . وأحيانا تنشأ من الخشب ، أو من أنسجة القشرة .

النسيج المتوسط : نسيج التركيب الضوئى أو البناء الضوئى أو التمثيل الضوئى بين البشرة العليا والبشرة السفلى ، ويتكون غالبا من خلايا برنشيمية رقيقة الجدران . ويكون هذا النسيج عادة الجزء الأكبر من الورقة . وتظهر خلايا النسيج المتوسط تابنا كبيرا فى الشكل والترتيب . ولكنها تنقسم بصفة عامة الى قسمين : برنشيمية عمادية أو خلايا عمادية ، وبرنشيمية سفنجية أو النسيج الأسفنجى (شكلى ١٤٥ ، ١٥١ ، أ ، ب) .

خلايا البرنشيمية العمادية مستطيلة اسطوانية نوعا ، مصفوفة بانتظام وأحكام فى طبقة أو أكثر من السطح السفلى أو العلوى للورقة ، بحيث يكون محورها الطولى عموديا على السطح . وتبدو الخلايا العمادية ملتصقة بعضها ببعض بأحكام فى القطاعات العرضية ولكنها فى الحقيقة منفصلة عن بعضها البعض ، أو أن جزءا من سطحها معرض للفراغات الهوائية على الأقل ، (شكلى ١٤٥ ، د ، ١٤٩) . وقد تتصل هذه الخلايا عند أطرافها فى بعض الأنواع ، مكونة خيوطا تتصل بالبشرة العليا عند أحد طرفيها وبالغلاف الحزمى عند طرفها الآخر (شكل ١٤٥) . وقد توجد البرنشيمية العمادية عند سطحي الورقة اذا كانت عمودية تقريبا أو مدلاة من الساق . ويوجد نوع متحور شائع من الخلايا العمادية ، مخروطية الشكل سطحها العريض يواجه البشرة . ولا توجد برنشيمية عمادية تامة النمو فى كثير من الأوراق ، خصوصا بالنباتات التى تنمو فى الماء . أو فى الأماكن الظليلة ، كما تظهر هذه الحالة فى عرايات البذور (شكل ١٨٢ ح) وفى أوراق النجيليات (شكل ١٨٣ ح) ، وبعض الأنواع الأخرى المتخصصة . ويتوقف عدد طبقات

النسيج العمادى وتركيب خلاياه ، بطريق مباشر ، أو غير مباشر على شدة الاضاءة . ولذلك ، فقد يظهر فى النوع الواحد اختلاف كبير فى كمية وتركيب البرنشمية العمادية ، اذا نمت نباتاته فى ظروف مختلفة . كما أن تركيب النسيج المتوسط لأوراق النبات الواحد يختلف فى أجزائه المختلفة ، ويتوقف مدى هذا التباين على كمية الضوء وعوامل أخرى .

والخلايا البرنشمية الاسفنجية ، غير منتظمة الشكل غير متماسكة ، ويؤدى ذلك الى تعرض جزء كبير من سطحها للغازات الموجودة بالمسافات البينية . ويؤدى عدم انتظام شكل الخلايا أحيانا ، الى وجود أذرع ممتدة متصلة بأذرع الخلايا الاسفنجية الأخرى ، فتتكون شبكة غير منتظمة من النسيج الأخضر (شكل ١٤٦ ج) . كما تكون الخلايا الاسفنجية بالنسيج المتوسط ، فى بعض الأنواع ، شبكة من الخيوط ، تنحى فوق مناطق الثغور ، وتتصل بأغلفة الحزم (شكل ١٤٥ ، ١٤٩) .

وتوجد البلاستيدات الخضر العديسية الشكل عادة ، ملاصقة لجدر خلايا النسيج المتوسط ، بحيث يتوازى سطحها البلاستيدة مع الجدر . وأحيانا تتراص البلاستيدات ، فى الخلايا العمادية المستطيلة ، فى عدة صفوف رأسية . وتستطيع البلاستيدات أن تغير شكلها تبعا لتغير شدة الاضاءة ، وتبعا لعوامل أخرى . فإذا كانت شدة الاضاءة على سطح الورقة منخفضة ، تتكور البلاستيدات وتصبح مستديرة تقريبا ، وبذلك يتعرض أكبر جزء من سطحها للضوء . كما أنها تصبح مسطحة فى الضوء الشديد ، بحيث يسقط الضوء على حوافها الضيقة . وهناك حالات أخرى من تغير شكل البلاستيدات وموضعها .

ويلاحظ أن التركيب الداخلى للورقة ملائم لعملية البناء الضوئى . ويمكن ذكر الملاءمة للوظيفة باختصار فيما يلى : تعرض عدد كبير من البلاستيدات الخضر للضوء ، تعرض سطح كبير من جدر الخلايا للمسافات البينية حيث يتم التبادل الغازى ، ترتيب الخلايا بالنسبة لبعضها وبالنسبة للحزم الوعائية بحيث يمكن نقل منتجات البناء الضوئى بسرعة ، ويمكن امداد الخلايا بالماء والمواد الغذائية المعدنية .

بشرة الأوراق : البشرة طبقة وقائية ، تحيط تماما بأنسجة الورقة الداخلية ، فيما عدا فتحات الثغور والثغور المائية . وقد سبق شرح تركيب هذه الطبقة بصفة عامة ، كذلك أشكال وحجوم خلاياها ، وكذا تركيب وطريقة عمل الثغور في الفصل الخامس . كما سبق شرح تركيب الشعيرات في الفصل السابق ذكره . كما شرحت الكوتنة والتأدم في الفصل الثاني . وبشرة الأوراق ذات أهمية قصوى ، لأنها تحمي أنسجة الورقة الوسطية الرقيقة ، التي تقع تحت البشرة ، والتي تصاب بجفاف شديد لو أصيبت البشرة . وقد شرح تحورات البشرة في النباتات التي تنمو في بيئات مختلفة ، خصوصا النباتات الصحراوية ، في الفصل الرابع عشر . وبالإضافة الى حماية أنسجة الورقة من الجفاف ، تدعم البشرة الأنسجة العمادية ، كما أنها تنقل غالبا المواد المذابة بين خلايا النسيج المتوسط والعروق .

توزيع الثغور على الأوراق : تظهر الثغور بكثرة على السطح العلوى للأوراق العريضة في ذوات الفلقتين . ولو أن بعض الأنواع تحتوى على عدد قليل نسبيا ، على سطحها السفلى ، وبعضها الآخر لا توجد على سطحها العلوى ثغور اطلاقا ، أما الأوراق التي تكاد تكون عمودية ، فثغورها موزعة بالتساوى تقريبا على كلا السطحين . كما في أوراق كثير من ذوات الفلقة . وتوجد الثغور على السطح العلوى المعرض للهواء في الأوراق الطافية للنباتات المائية ، ولا توجد بالأوراق المغمورة على كلا السطحين . ويبدو أن توزيع الثغور يختلف بصفة عامة تبعا للبيئة التي تنمو فيها النباتات . كما توجد الثغور في المواضع الأكثر حماية من الجفاف بالنباتات التي تتعرض لظروف الجفاف الشديدة .

ويبدو أن توزيع الثغور يتم في معظم الأوراق دون نظام معين . والمسافة بين ثغر وآخر على سطح الورقة ثابتة نوعا . ويندر وجود الثغور فوق العروق . وأحيانا توجد الثغور في صفوف منتظمة كما في النجيليات . كما توجد الثغور في نباتات الجفاف وبعض النباتات الأخرى في مجموعات أو في صفوف أو غائرة في تجاويف أو محمية بطريقة ما (شكل ١٨٠ ، د) . وعدد الثغور في وحدة المساحة من سطح البشرة يختلف كثيرا . فقد يكون العدد من عشرة الى خمسة عشر ثغرا في المليمتر المربع في بعض النباتات — أكثرها من النباتات الصحراوية يقابل ذلك عدد قد يرتفع الى ١٣٠٠ ثغر بالمليمتر المربع كما في أنواع من نبات

سيريا^(١) ، وغالبا ما يكون عدد الثغور في المليمتر المربع بين هذين الحدين وغالبا ما يكون حوالي ٤٠٠ ثغر في المليمتر المربع ، كما في ورقة التفاح تحت ظروف البيئة الوسطية . ويبدو أن عدد الثغور في وحدة المساحة لا يتوقف كثيرا على البيئة ولكنه يتوقف على عوامل أخرى أكثر أهمية .

ورقة ذوات الفلقة : أقصر أكثر الوصف السابق في صفحات هذا الفصل على ورقة نبات من ذوات الفلقتين . ولكن أنواع الأوراق المتخصصة للنباتات ذوات الفلقة الواحدة تظهر تباينا أكبر . فأوراق النباتات ذوات الفلقة لا تتكون من قاعدة وأذينات وعنق ونصل ولكنها في معظم الأوراق عبارة عن أعناق ورقية مفلطحة تؤدي وظيفة النصل . وعروق أوراق ذوات الفلقة متوازية غالبا ، ولو أن هناك حالات ظاهرة تشد عن ذلك ، ولكن يمكن اثبات أنها نشأت في الأصل متوازية التفرع . مثال ذلك، تخرج الحزم الوعائية الكثيرة المبعثرة المنفصلة من الجسم الذي يبدو أنه عنق ورقة نبات سيميلوكارپاس^(٢) وغيره من الفصيلة القلقاسية ، ثم تتفرع مباشرة في الجسم الشبيه بالنصل ، بزوايا ضيقة ، وتستمر متوازية نوعا حتى حافة الورقة . كما تنتظم الحزم القليلة نسبيا بعنق ورقة نبات



(شكل ١٥٥)

خطوات نشأة ورقة ذوات الفلقة ١ ، ب - هـ منظر سطحي ، أ منظر جانبي - ١ ، يبين ظهور البروز على جانب النسيج الانشائي الطرفي ، ب - د ، يبين امتداد البروز جانبيا حول النسيج الانشائي الطرفي مكونا طرقا أو غلاف ، هـ ، يبين حدود النسيج الانشائي الطرفي واستطالة النصل والغلاف بواسطة نسيج انشائي يبنى (نقلا عن ميركول)

الاركتيوم^(١) لها حجم وشكل مماثلان للورقة السابقة - (في شكل v) ، وتخرج منها أفرع تكون زوايا واضحة واسعة نسبيا من العرق الوسطى .

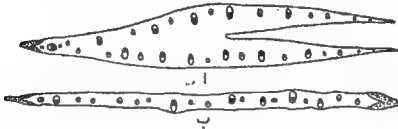
تنشأ الورقة في ذوات الفلقة من النسيج الانشائي الطرفي بالمحور الرئيسى للنبات وتبدو كرائدة جانبية تشبه تلك التى تكون ورقة ذوات الفلقتين (شكل ١٥٥ أ) . ثم تستطيل هذه البداءة الورقية بسرعة من الجانبين مكونة حلقة أو طوقا من الأنسجة الانشائية (شكل ١٥٥ ب - د) ، وتعمل الأخيرة كنسيج انشائي يبنى ، تنشأ منه الورقة من أسفل ، وبمقارنة نشأة الورقة ذات الفلقة بالورقة ذات الفلقتين ، نرى أن النسيج الانشائي الطرفي للورقة قليل الأهمية نسبيا في الحالة الأولى حيث أنه يبنى في الحالة الثانية الجزء الأساسى لنصل الورقة .

وينمو الجزء الأوسط من النسيج الانشائي ، الذى يبدو على شكل طوق أسرع من أجزائه الأخرى ، مكونا عنق الورقة والجزء الشبيه بالنصل . كما يعطى هذا الطوق قاعدة الورقة التى تغلف جزئيا أو تماما القمة النامية للساق (شكل ١٥٥ د - هـ) . وهناك أنواع خاصة من أوراق ذات الفلقة مثل الأوراق الأنبوبية التى تتميز بها أنواع من البصل والرنجس^(٢) وفى أوراق الزنبق^(٣) المفلطحة ، التى تشبه رقم ٧ عند قاعدتها . توجد الحزم مقلوبة على أحد جانبي الورقة بالنسبة للجانب الآخر (شكل ١٥٦) .

ولأوراق النجيليات أهمية خاصة ، لأنها أكبر أنواع الأوراق فى كاسيات البذور ، وفى بعضها يصل طول الورقة الى ٢٥ قدما . ويبدو أن الأوراق المركبة بنوعها الريشى والراحي تنشأ نتيجة لتجزؤ النصل أثناء تمدده . أما أوراق الموز وغيره من الفصيلة الموزية ، فتتجزأ أنصالة بواسطة الرياح مكونة أساسا أوراقا مركبة ريشية .

ورقة النجيليات : للأهمية النباتية والاقتصادية لورقة النجيليات ، سنشير إليها اشارة خاصة . وأوراق النجيليات متشابهة فى تركيبها العام ، وتختلف فقط نتيجة لتكيفها للبيئة الجافة أو غيرها من الظروف البيئية . ويتكون نصل الورقة من هيكل من الحزم الوعائية المتوازية ، تحمل بينها النسيج المتوسط . وجميع

الحزم متساوية الحجم تقريبا ، منفصلة عن بعضها ، فيما عدا بعض الحزم الصغيرة التى تصل بينها عرضيا . ويوجد بالنصل عادة حزمة العرق الوسطى ، وهى حزمة



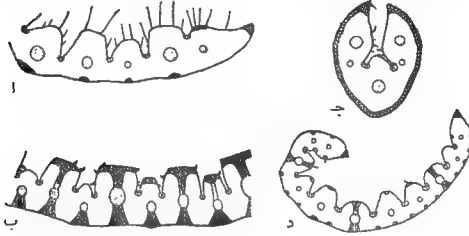
(شكل ١٥٦)

ورقة نبات من ذوات الفلقة الواحدة - السوسن (١)، قطاعان عرضيان فى القاعدة المغلفة (أ) وفى الجزء العلوى (ب) . أ ، مبينا الورقة المغلفة ، ب ، مبينا التهام جانبي الورقة وبعض الحزم مقلوبة (عن أدبر)

وسطية كبيرة تؤدى الى بروز العرق الوسطى من السطح السفلى للورقة . أما الحزم الأخرى فذات حجمين أو ثلاثة أحجوم مختلفة أساسيا فى كمية النسيج الدعامى والنسيج الناقل . وتترتب الحزم الصغيرة بحيث تتبادل مع الحزم الكبيرة . وتتكون الورقة من قاعدة مغلفة ونصل شريطى ، تتصل القاعدة بالنصل بواسطة مفصل ظاهر نوعا ، كما تحيط القاعدة بالساق لمسافة معينة . ويبعد النصل على الساق بزاوية محددة . وقد تمتد قاعدة الورقة فوق النصل ، مكونة جسا غشائيا فى كثير من الأنواع يسمى اللسين .

الاسكلرنشيمة فى ورقة النجيليات : غالبا ما تصاحب الاسكلرنشيمة الحزم الوعائية فى أوراق النجيليات . وتوجد عادة مجموعتان من الألياف بالحزم الكبيرة احدهما فوق والأخرى تحت الأنسجة الوعائية . وتتصل هذه المجموعات من الألياف بالخشب واللحاء مكونة صفيحة من النسيج الصلب الذى يمتد بين سطحي الورقة (شكل ١٥٧ ب) . وتوجد مجموعة الألياف المتصلة بالبروق الصغرى على السطح السفلى فقط وهى متصلة بالنسيج الوعائى أو منفصلة عنه (شكل ١٥٧ ب) . كما تظهر مجموعات الألياف فى بعض الأنواع تحت البشرة على جانبي الحزم ، منفصلة عنها (شكل ١٥٧ ب) . أما الحزم الصغيرة فقد لا تحتوى على اسكلرنشيمة بتاتا . ويظهر من ذلك الاختلاف الكبير فى

كمية وموضع الأشرطة اللينة بالورقة . ويلاحظ أن كل النجيليات تقريبا ، تحتوى أوراقها ، بالإضافة للاسكلرنشيمة المصاحبة للحزم ، على شريط من الألياف على طول حافتي الورقة (شكل ١٥٧ أ ، د) . كما تمتد الأنسجة الصلبة على السطح السفلى بأكمله ، بأوراق بعض النباتات الصحراوية (شكل ١٥٧ ح)



(شكل ١٥٧)

توزيع الاسكلرنشيمة في ورقة النجيليات . ١ ، ورقة نستوكا ديبوريوسكويا^(١) حيث تظهر خلايا الاسكلرنشيمة عند حافة الورقة ، كما تظهر اشرطة من الاسكلرنشيمة منفصلة من الحزم على السطح السفلى ، ب ، ورقة ايليموس اورتاويوس^(٢) ، حيث تظهر اشرطة الاسكلرنشيمة متصلة بأعلى وأسفل الحزم مكونة صفائح من الاعمدة على شكل I تخترق الورقة ، ح ورقة نستوكا اولينا^(٣) ، حيث تظهر الاسكلرنشيمة على السطح السفلى فقط ، د - ورقة أجروستيس كاتينا^(٤) ، حيث تظهر اشرطة اسكلرنشيمة عند حافتي الورقة وسطحيها ، منفصلة من الحزم ، فيما هذا بعض الاعمدة التي تظهر على شكل I تبدو الحزم الوعائية منقطعة والاسكلرنشيمة منقطعة بالشكل . (من ليونون - براين)

أغلفة الخزمة في ورقة النجيليات : تحيط بالحزم الوعائية لأوراق النجيليات

أنسجة متخصصة تتميز بها أوراق هذه الفصيلة . وهى عبارة عن طبقتين من الخلايا عادة ، ضخانة كل منها خلية واحدة ، كما أنها تحيط بالخزمة تماما وتلى الأنسجة الوعائية مباشرة . يتكون الغلاف الداخلى من خلايا جدرانها مغلظة نوعا بمادة اللجنين وتشبه خلايا الأندودرمس فى شكلها العام . ولو أنه لا يحتتمل اعتبار هذا الغلاف طبقة أندودرمس بالمفهوم التشريحي . تتميز الجدر الجانبية والعرضية الداخلية بزيادة تغلظها عن الجدر العرضية الخارجية . ومع ذلك ففى

Elymus arenarius (١)

Festuca duriuscuta (٢)

Agrostis canina (٤)

Festuca ovina (٣)

يفض النباتات يمتد التغلف كلية حول جدر الخلايا من الداخل . ويلاحظ أن الجدر الداخلية منقرة ويحتمل أنها تسمح بانتقال المواد بين خلايا هذه الطبقة والنسيج الوعائى . وقد نسبت لهذه الطبقة عدة وظائف ولكن الوظيفة المرجحة هى حماية خلايا اللحاء الرقيقة من السحق . ويزيد هذا الغلاف الملجن من صلادة الورقة ، اذا جاور الأشرطة الليفية بالحزم التى بها اسكلرثيسية مكتملة النمو ، كما أنه يكمل الجسم المسمى الكمرة . ويلاحظ أن هذا الغلاف الداخلى ، لا يوجد فى بعض الأنواع ، أو يقتصر وجوده على الحزم الكبرى فقط .

أما الغلاف الخارجى — المعروف عادة بغلاف الحزمة — فمكون من خلايا برنشيمية رقيقة الجدران تظهر معظمها متساوية الأقطار فى القطاعات العرضية للورقة ، وطويلة جدا فى القطاع الطولى . وتصنع هذه الخلايا حزاما برنشيميا حول الحزمة يقوم بنقل المواد الغذائية المذابة الناتجة من الأنسجة ، التى تقوم بعملية البناء الضوئى الى الأنسجة الناقلة . ويسهل التعرف على خلايا هذا الحزام فى الحزم الكبرى لبعض الأنواع لعدم وجود اليخضور (الكلوروفيل) بها . وقد تحتوى هذه الخلايا على اليخضور بالحزم الصغرى (شكل ١٥١ ب) ولكن بكمية أقل منها فى الخلايا التمثيلية . وأحيانا تمتد خلايا هذا الغلاف الى البشرة على جانب واحد أو على جانبى الحزمة .

النسيج المتوسط بورقة النجيليات : يملأ أنسج الذى يقوم بالبناء الضوئى الفراغ الموجود بين الحزم الوعائية فى أوراق النجيليات وغيرها من الأوراق . ولا توجد عادة طبقة عمادية واضحة من الخلايا المستطيلة كما فى أوراق ذوات الفلقتين (شكل ١٥١ د) . ولكنه توجد أحيانا طبقة عمادية ضعيفة التكوين تحت البشرة مباشرة عند سطحى الورقة أو سطح واحد منها . وتتميز خلايا هذه الطبقة العمادية بانها متساوية الأقطار تقريبا وتختلف عن خلايا النسيج المتوسط الاسفنجية ، حيث أنها مرتبة باحكام . أما خلايا النسيج الاسفنجى فغالبا ما تكون غير منتظمة الشكل ومرتبطة فى أجهزة ناقلة متفرعة كما فى الأنسجة المماثلة بالأنواع الأخرى من الأوراق . وتتميز الأنسجة الخضر فى قليل من النجيليات الصحراوية وبعض أنواع السعد ، بانها محددة بحزام يحيط بالحزمة الوعائية .

البشرة في ورقة النجيليات : تتميز في ورقة النجيليات بصفات عامة ثابتة نوعا ، رغم بعض الاختلافات في التركيب ، خصوصا في النباتات التي تكيف نفسها للنمو في الظروف البيئية المتطرفة . وهى مستطيلة الشكل (شكل ١٧٩ ط) تظهر مربعة تقريبا في القطاع العرضى ، وهى مرتبة في صفوف منتظمة تمتد بطول الورقة . وتتميز خلايا البشرة التى توجد فوق الحزم بصغرها عادة وتغلظ جدرانها وتشبه لاسكلرنشيمة الى حد ما . وهناك تباين كبير في درجة تكونت خلايا البشرة كما تبدو أكثر انتظاما من كثير من ذوات الفلقتين في المنظر السطحي .

وهناك نوع شائع من الخلايا موجود بأوراق كل النجيليات تقريبا يسمى خلايا الحركة وتساعد هذه الخلايا على التفاف الأوراق في الجو الجاف (شكل ١٥١ د) . وهى أكبر حجما من خلايا البشرة العادية ومرتبطة في صفوف تمتد بطول الورقة على سطحها العلوى كما توجد عادة في قاع تجاويف واضحة (شكل ١٥٧ ب ، د) والخلايا رقيقة الجدران خالية من اليخضور وإذا قلت درجة اتفافها تلتف الورقة الى أعلى وإلى الداخل — وتحتوى أوراق بعض الأنواع على صف أو صفين من خلايا الحركة ، في حين أن غيرها يحتوى على عدة صفوف منها ، وقليل غيرها من الأنواع ، لا توجد به هذه الخلايا بتاتا . وتظهر عند حافة مجموعة خلايا الحركة ، في القطاع العرضى للورقة ، تظهر خلايا يتدرج نوعها بين خلايا الحركة وخلايا البشرة العادية .

ترتيب الثغور في ورقة النجيليات : رغم اختلاف البيئة التى تنمو بها النجيليات ، تحتوى أوراقها جميعا على نوع واحد من الثغور . وقد سبق وصف النوع النجيلى للثغور بالفصل الخامس (شكل ٧٩ ط ، ي ، ك) . وهى طويلة ، محاورها الطولية موازية لمحور الورقة ، ولخلايا البشرة المحيطة بها . كما أنها مرتبة عادة في صفوف متبادلة مع صفوف خلايا البشرة . وتوجد الثغور عادة في مجموعات من الصفوف يفصلها عن المجموعات الأخرى أشرطة واسعة من خلايا البشرة . وعدد الثغور بالبشرة العليا أكثر منه بالبشرة السفلى ، في معظم الأنواع . وهناك عدد لا بأس به من الأنواع ، توجد الثغور بأوراقه بأعداد متساوية تقريبا على كلا السطحين . ولو أنه في بعض الأنواع الأخرى ، خصوصا الصحراوية تختفى الثغور من السطح السفلى كلية .

وتوجد أنواع مختلفة من الشعيرات بيشرة كثير من النجيليات ، كما يغلب وجود زوائد قصيرة صلبة تغطي سطح الورقة ملمسا خشنا ، كما أن هذه الأنسان موجودة في بعض الأنواع ، عند حافة الورقة ، وتجعلها حادة قاطعة كما في أنواع نبات ليرسيا^(١).

عمر الأوراق : يحتفظ عدد كبير من عاريات البذور ، وكثير من النباتات الاستوائية ، وبعض كاسيات البذور العريضة الأوراق ، والتي تنمو بالمناطق المعتدلة ، بأوراقها لأكثر من فصل من فصول السنة . وإذا استمر وجود الأوراق في النباتات دائمة الخضرة التي بها نمو ثانوي ، لأكثر من سنة ، كما في عاريات البذور وبعض ذوات الفلقتين ، فإن أصل الحزمة الورقية يستطيل تبعا لاضافة طبقات سنوية متتالية من الخشب ناتجة من نشاط الكميوم . وتعزى استطالة أصل الحزمة الورقية لنشاط طبقة انشائية خاصة موجودة بها (الفصل السادس) ولا تمكث الأوراق الابرية بعاريات البذور ، والأوراق العريضة لكاسيات البذور ، أكثر من ٣ - ٥ سنوات عادة ، ثم تسقط الأوراق بعدها بتكون طبقة فاصلة ، بنفس الطريقة التي تتكون بها في النباتات متساقطة الأوراق . وقد تبقى الأوراق الدائمة الخضرة عدة سنوات في قليل من الأجناس كما في نبات أروكاريا^(٢) كما تبقى أوراق معظم السراخس وبعض النجيليات وغيرها من ذوات الفلقة ، عددا من السنوات ، ومن ثم تفقد الأوراق المسنة قدرتها على أداء وظيفتها تدريجيا . ولا تسقط أوراق كثير من هذه النباتات ، وبالأخص النجيليات ، بتكوين طبقات فاصلة ولكنها تلتصق بالساق حتى تنفتت بالعوامل الجوية . أما أوراق كثير من الأعشاب الحولية والمعمرة فتساقط دائما . كما تعمل الأوراق في معظم نباتات المناطق المعتدلة ، الخشبي منها والعشبي ، لموسم واحد فقط ثم تذيل في نهايته وتتساقط . وقد أشير الى سقوط الأوراق في الفصل التاسع .

المراجع - REFERENCES

- ARBER, A. : The phyllode theory of the monocotyledonous leaf, with special reference to anatomical evidence, *Ann. Bot.*, **32**, 465-501, 1918.
- AVERY, G. S. : Structure and development of the tobacco leaf, *Amer. Jour. Bot.*, **20**, 565-592, 1933.
- BOWER, F. O. : On the comparative morphology of the leaf in the vascular cryptogams and gymnosperms, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, **175**, 565-615, 1884.
- CLEMENTS, E. S. : The relation of leaf structure to physical factors, *Trans. Amer. Micro. Soc.*, **26**, 19-102, 1904.
- COLOMB, G. : Recherches sur les stipules, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **6**, 1-76, 1887.
- COPELAND, E. B. : The mechanism of stomata, *Ann. Bot.*, **16**, 327-346, 1902.
- CROSS, G. L. : The origin and development of the foliage leaves and stipules of *Morus alba*, *Bull. Torrey Bot. Club*, **64**, 145-163, 1937.
- DE CANDOLLE, C. : Anatomie comparée des feuilles chez quelques familles de dicotylédones, *Mém. Soc. Phys. et d'Hist. Nat. Genève*, **26**, 427-480, 1879.
- DUFOUR, L. : Influence de la lumière sur la forme et la structure des feuilles, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **5**, 311-413, 1887.
- HICHLER, A. W. : Zur Entwicklungsgeschichte des Blattes mit besonderer Berücksichtigung der Nebenblatt-Bildungen, Marburg, 1861.
- FLOR, L. : Recherches sur la naissance des feuilles et sur l'origine foliaire de la tige, *Rév. Gén. Bot.*, **17**, 449 passim 535, 1905. **18**, 26 passim 508, 1906. **19**, 29 passim 192, 1907.
- FOSTER, A. S. : Leaf differentiation in angiosperms, *Bot. Rev.*, **2**, 349-372, 1936.
- GERRESHEIM, E. : Ueber den anatomischen Bau und die damit zusammenhängende Wirkungsweise der Wasserbahnen in Fiederblättern der Dicotyledonen, *Bibl. Bot.*, **81**, 1-66, 1913.
- HABERLANDT, G. : Vergleichende Anatomie des assimilatorischen Gewebesystems der Pflanzen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **13**, 74-188, 1882.
- LEWTON-BRAIN, L. : On the anatomy of the leaves of British grasses,

- Trans. Linn. Soc. Bot. London*, 2 ser., 6, 315-359, 1903.
- MACDANIELS, L. H., and F. F. COWART: The development and structure of the apple leaf, *Cornell U. Agr. Exp. Sta. Mem.*, 258, 1-29, 1944.
- PÉE-LABY, E.: Étude anatomique de la feuille des graminées de la France, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 8 sér., 8, 227-346, 1898.
- PETIT, L.: Nouvelles recherches sur le pétiole des phanérogames, *Actes Soc. Linn. Bordeaux.*, 43, 11-60, 1889.
- RIPPEL, A.: Anatomische und physiologische Untersuchungen über die Wassre bahnen der Dicotylen-Laubblätter mit besonderer Berücksichtigung der handnervigen Blätter, *Bibl. Bot.*, 82, 1-74, 1913.
- SINNOTT, E. W., and I. W. BAILEY: Investigations on the phylogeny of the angiosperms, 3. Nodal anatomy and the morphology of stipules, *Amer. Jour. Bot.*, 1, 441-453, 1914.
- SMITH, G. H.: Anatomy of the embryonic leaf, *Amer. Jour. Bot.*, 21, 194-209, 1934.
- STRASBURGER, E.: Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen, *Jahrbuch. Wiss. Bot. Pringsheim.*, 5, 297-342, 1866/1867.
- TRÉCUL, A.: Mémoire sur la formation des feuilles, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 3 sér., 20, 235-314, 1853.
- TYLER, A. A.: The nature and origin of stipules, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 10, 1-49, 1897.
- WYLLIE, R. B.: The role of the epidermis in foliar organization and its relations to the minor venation, *Amer. Jour. Bot.*, 30, 273-280, 1943.

الفصل الثالث عشر

الزهرة — الثمرة — البذرة

الزهرة

تعتبر الزهرة ، من الوجهة التشريحية ، ساقا طرفيه ، زوائدها مزدوجة ، وسلامياتها قصيرة للغاية أو غير موجودة .

وترقى زوائد الزهرة لمرتبة الأوراق ، ولكنها تختلف عن أوراق الساق الخضرية في الوظيفة والشكل ، كما أن الأوراق العليا بالزهرة مرتبة بحيث تظهر على طرف المحور . ولا تختلف الزهرة عن الساق المورقة العادية في التركيب أو النشأة .

نشأة الزهرة :

تنشأ الزهرة من نسيج انشائي قمى يختلف عن مثيله بالساق المورقة في أمور طفيفة (الفصل الثالث) . وتشبه الأطوار المبكرة لنمو الزوائد الزهرية الأطوار المماثلة لنمو الأوراق . فتنمو كل أعضاء الزهرة جانبيا على النسيج الانشائي القمى ، بانقسام الخلايا تحت الطبقة الخارجية انقسامًا موازيا للسطح . ويختلف تنابع نمو محيطات الأعضاء الزهرية ولكنه يتم في تعاقب قمى عادة . ويوجد لكل عضو بالزهرة — لفترة من الزمن على الأقل — نسيج انشائي قمى ، كما توجد مبادئ حافية للأعضاء التى تتمدد جانبيا . وينمو الكمبيوم الأولى وكذلك اللحاء في تعاقب قمى في كل أعضاء الزهرة . كما ينضج الخشب في تعاقب قمى ، أو في تعاقب قمى وآخر قاعدى ، مبتدئا من نقطة أو من عدة نقاط ، عند قاعدة العضو الزهرى . وقد يتأخر اتصال الخشب المبكر في الكرابل ، وخصوصا المتلتحمة ، بخشب التخت حتى تنمو الثمرة جزئيا . وتظل الكربة عضوا غير ناضج حتى تنضج الثمرة . وتحفظ الكربة بأنسجة انشائية متنوعة بأجزائها المختلفة . أما أعضاء الزهرة الأخرى فناضجة غالبا . وإذا ظهر التحام بالأعضاء الزهرية ، فهو

موجود منذ النشأة غالبا ، كما يحدث بين حواف الكرابل عادة ، وقد يكون الالتحام ذا نشأة سلفية، حيث تنشأ الأعضاء الملتحمة من نسيج انشائي مشترك ، كما في الكرابل السفلية ، ويسمى النوع الأخير من الالتحام التحاما خلفيا ، ويحدث أحيانا انحراف المناطق الأولى التي تنشأ منها الأعضاء المتجاورة ، كأعضاء مستقلة من أنسجة انشائية مستقلة ، كما في أعضاء التويج الملتحم البتلات ، ويظهر هذا الانحراف من القمة الى القاعدة ، ويحدث تداخل ، وتستمر الأعضاء في النمو كجسم واحد ، نسيجه الوعائي مركب . وقد تنشأ الأعضاء في الملتحمة مستقلة ، ولكنها تستمر في النمو ، فيما بعد من منطقة انشائية واحدة ، وتبدو جسما واحدا ملتحما . ويدل وجود حزم وعائية مستقلة لكل عضو ضمن التركيب العام، على أن هذه الأجسام ليست بسيطة ولكنها في الحقيقة معقدة التركيب . وأحيانا تلتحم الأعمدة الوعائية للأعضاء ، وحينئذ لا يوجد ما يدل على تركيبها الخارجي المتضاعف .

وسوف يشار الى تركيب الأجزاء الزهرية الناضجة في الصفحات التالية تحت عنوان الثمرة .

المهكل الوعائي للزهرة

العمود الزهري :

يتشابه عنق الزهرة والساق في التركيب ، وبه حزم وعائية مرتبة في دائرة أو اسطوانة كاملة من الأنسجة الوعائية . ويتوافق شكل العمود الوعائي أثناء دخوله للتخت مع هذا الجزء من الزهرة ، حيث يتمدد عادة ثم يتخصر عند جزئه العلوي .

وتخرج من العمود الوعائي للتخت ، مسيرات أعضاء الزهرة المختلفة (شكل ١٥٨) ، وهي تشبه المسيرات الورقية من حيث النشأة والتركيب والسلوك . ويصاحب خروج مسيرات أعضاء الزهرة تكون فرجات ، ويؤدي تكون الفرجات وازدحام الأعضاء الزهرية الى تجزؤ الاسطوانة الوعائية الى شبكة من الأشرطة (شكل ١٥٨) . ويزداد تجزؤ الاسطوانة الوعائية عادة ، كما

يحدث في سوق النباتات العشبية ذوات الاسطوانات الوعائية المختزلة . والعمود الوعائي للتخت بسيط أحيانا ، ولكنه غالبا ما يكون في غاية التعقيد .

وتخرج مسيرات السبلات ، والبتلات ، والأسدية ، والكرابل من العمود الوعائي على التوالي ، في محيطات أو حلزونات ، تبعا لطريقة ترتيب هذه الأعضاء في الزهرة . (كثير من الأعضاء التي تبدو في محيطات دائرية عند فحصها ظاهريا ، مثل بتلات بعض أفراد الفصيلة الشبقية^(١) وأسدية بعض أفراد الفصيلة الوردية^(٢) يمكن بالدلالة التشريحية اثبات أنها مرتبة في حلزونات منبسطة) . وتصبح الحزم البعيدة عن طرف العمود الوعائي للتخت مسيرات الكرايل العليا عادة (شكل ١٥٨ ج ، د) ، وفي كثير من الأزهار ، تستمر المسيرات بعد النقطة التي تخرج منها المسيرات الأخيرة ، ثم تختفي تدريجيا عند قمة التخت (شكل ١٥٨ أ ، ب) . وتعتبر مثل هذه الحزم أثرية ، وتتركب عادة من الكميوم الأولي أو من اللحاء فقط .

مسيرات الزوائد الزهرية :

يختلف عدد المسيرات ، الداخلة الى أعضاء الزهرة المختلفة ، ولا ترتبط المسيرات الزهرية ، فيما عدا السبلات ، بالمسيرات الورقية للنبات . ويختلف العدد — وهو فردى دائما — من واحد الى كثير . وهو عدد ثابت في كل الأعضاء الزهرية في نسبة عالية من كاسيات البذور .

السبلات :

تشبه السبلات القنابات من الناحية التشريحية عادة . ولها مسيرات مشابهة للمسيرات الورقية للنبات ، فيما عدا قلة مستثناة .

البتلات :

للبتلات النموذجية مسير واحد ، بصرف النظر عن حجمها أو شكلها أو تكوينها أو استمرارها . وتوجد من ثلاثة الى كثير منها في بعض الفصائل .

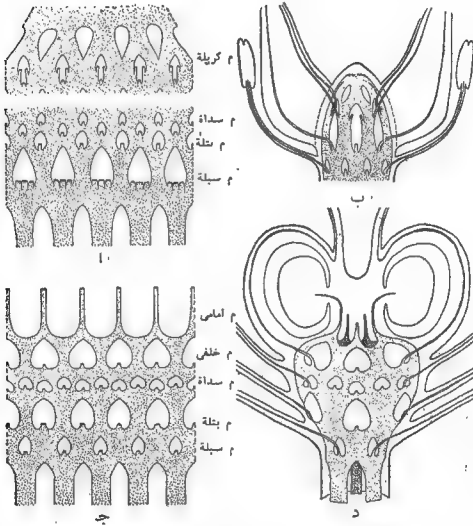
الأسدية :

يغذى الأسدية مسير واحد عادة ، بصرف النظر عن الحجم أو الشكل أو صفات القاعدة أو استمرار الأسدية . وتوجد مسيرات في قليل من فصائل رتبة الشقيقيات^(١) ويندر وجود هذا العدد ، فيما عدا ذلك ، إلا في بعض أفراد الفصيلتين الغارية^(٢) والموزية^(٣) . ويعتبر وجود ثلاثة مسيرات مرحلة بدائية — كما هي الحال في الأوراق والكرابل — ويعتبر وجود مسير واحد اختزالا للعدد البدائي .

الكرابل :

تعتبر الكربة من الناحية التشريحية ، عضوا شبيها بالورقة بصفة عامة ، و هي مطوية الى أعلى (من الناحية البطنية) بطول عرقها الوسطى ، وحواها ملتحة نوعا ، وبويضاتها معلقة قريبا من الحافة ، وانما يؤد هذا الرأى تشريح الزهرة ، وللكرابلة مسير واحد ، ويوجد بها أحيانا ثلاثة أو خمسة مسيرات ، والنوع الأكثر شيوعا هو المحتوى على مسيرات ثلاثة ، كما يكثر وجود الكربة ذات الخمسة المسيرات ، وهناك قلة من الكرابل تحتوى على عدد أكبر . وتعتبر الكربة ذات المسير الواحد انما نشأت بالاختزال من الكربة التى بها مسيرات ثلاثة . ويسمى المسير الوسطى الذى يخرج من العمود الوعائى قبل (تحت) المسيرات الأخرى للكربة ، مسير الكربة الظهري ، لأنه يصبح الحزمة الظهريّة (العرق الوسطى) للعضو المطوى (يطلق اسم « مسير » في الزهرة ، كما في الساق المورقة ، على أشربة النسيج الوعائى التى تخرج من العمود لتغذى الزوائد الزهرية ، وتسمى امتدادات المسيرات داخل الزوائد الزهرية « حزما وعائية ») . ويسمى كل من السيرين الخارجيين المسير البطنى أو الحافى ، لأنه يصبح الحزمة التى تمر بطول الحافة السفلى للكربة — بطول أو قريبا من حافة العضو اذا لم يكن مطويا . واذا قورنت هذه الحزم ، داخل الكربة ، بالحزمة الظهريّة أو بالحزم الموجودة بالأعضاء الأخرى ، فيلاحظ أنها مقبوبة (شكل ١٦٢) . ويتّج انقلاب هذه الحزم البطنية ، من التفاف جوانب الكربة الى أعلى والى

الداخل . وإذا وجد بالكريلة أكثر من ثلاثة مسيرات ، تقع المسيرات الاضافية بين المسيرات الظهرية والمسيرات البطنية وتسمى في هذه الحالة المسيرات الجانبية وتعتمد مواضع الحزم — وهى عبارة عن امتدادات المسيرات — على شكل الكريلة ، ومكان الحزم ، وأغلبها نصف مقلوب (شكل ١٦٢ هـ ، و) . وقد



(شكل ١٥٨)

اشكال تخطيطية بين التركيب الوجائى للأزهار البسيطة . ١ ، ب زهرة اخيليا^(١) ، ج ، د ، زهرة بيرولا^(٢) . الوصف بالتمس . م = مسير

تتفرع احدى أو كل الحزم — كما تتكون فروع أخرى أثناء تكون الثمرة عادة — وتظهر أحيانا ، في بعض الأنواع ، حزم بطنية متفرعة ، ونادرا ما تتجه فروع هذه الحزم نحو الحافة .

ويعتبر الجهاز الوعائى الذى يغذى الكرابل فى غاية التعقيد ، اذا قورن بالأجهزة الوعائية التى تغذى الأعضاء الأخرى للزهرة ، وذلك لانتفاخ الكرابل والتحام حوافها ، ولأنها تكون الأعضاء العلوية للزهرة وتحصل على مسيراتها عند قمة الهيكل الوعائى الطرفى للتخت حيث تختزل الحزم الوعائية وتتلاشى ولأن الكرابل ، بسبب التصاقها الشديد بعضها ببعض ، تميل الى الالتحام ، مكونة المبيض المتحام الكرابل .

البويضات :

تنشأ مسيرات البويضات ، فيما عدا بعض الفصائل والأجناس ، من الحزم البطنية وحدها ، أو من الفروع المشيمية لهذه الحزم (شكل ١٦٣) . ويتكون الميران من حزمة وحيدة صغيرة عادة ، تؤدي الى قاعدة البويضة أو تدخلها ، ويصل أقصى طولها الى منطقة الكلازا . ولا تدخل الحزمة منطقة النويصلة ، ولكنها ترسل ، فى بعض الأجناس ، فروعا داخل أغلفة البويضة . وقد تحصل البويضة الباقية بعد اختزال مجموعة من البويضات ، على مسيرات بويضتين أو أكثر ، وأحيانا على مسيرات مشيمتين أو أكثر . ويلاحظ عدم وجود أنسجة وعائية عادة فى بويضات كاسيات البذور ، وتوجد الأنسجة الوعائية واضحة فى أغلفة البويضة فى كثير من المجموعات النباتية الأخرى ، وخصوصا المجموعات الدنيا .

ويبدو العمود الوعائى لمعظم الأزهار فى غاية التعقيد ، نظرا لوجود عدد كبير من المسيرات المتقاربة داخل الأعضاء الزهرية المزدهجة ولوجود فرجات وتجزؤ العمود الوعائى للتخت . وربما ظهر العمود الوعائى بسيطا ، فى كثير من الأجناس ، ولكنه فى الحقيقة ، أكثر تعقيدا — نتيجة لالتحام المسيرات المتجاورة .

التركيب التشريحي للأزهار البسيطة

توضح لنا دراسة التركيب التشريحي لأزهار بسيطة ، الأساس الذى تبني عليه الأنواع الأكثر تعقيدا .

زهرة اخيليا (١) :

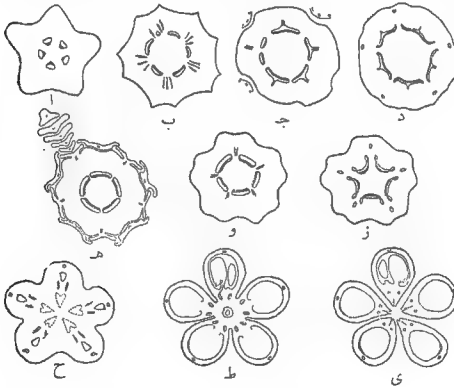
نبين أشكال ١٥٨ أ ، ب ، ١٥٩ التركيب الوعائى للزهرة . وتظهر الأسطوانة الوعائية فى شكل ١٥٨ أ مجزأة عند أحد الجوانب ومنتشرة ، وتظهر قمة الزهرة من أحد الجوانب بالشكل ١٥٨ ب ، ويبين الشكلان ١٥٨ أ ، ب تركيب العمود الوعائى للتخت وموضع وعدد مسيرات الزوائد الزهرية وفرجاتها . (يظهر بالشكل صفان فقط من صفوف الأسدية العديدة) . ويستمر العمود على صورة أثرية عقب خروجه من الزوائد العليا للزهرة . ويبين شكل ١٥٩ تركيب الزهرة فى سلسلة من الأشكال التخطيطية لقطاعات عرضية متتالية ابتداء من العنق حتى قمة الزهرة .

وبالعنق خمس حزم (شكل ١٥٨ أ ، ١٥٩ أ) تلتحم عند قاعدة الزهرة ، مكونة اسطوانة غير مجزأة . ثم تخرج مسيرات السبلات (شكل ١٥٩ ب) ، ثلاثة لكل سبلة ، وتخرج كل ثلاثة مع بعضها من فرجة واحدة ، ثم تخرج مسيرات البتلات ، واحد لكل بتلة (١٥٩ ج) تحت المستوى الذى تقفل عنده فرجات السبلات مباشرة . ثم تخرج مسيرات الأسدية ، واحد لكل سدهاء ، فى محيطات عدة (شكل ١٥٩ د - هـ) . ثم تعود الأسطوانة الوعائية كاملة مرة أخرى فوق المحيط العلوى للأسدية . ثم تخرج المسيرات الظهرية للكرابل (شكل ١٥٩ و) ، يليها أزواج من المسيرات البطنية لكل كربة . وتنشأ هذه المسيرات البطنية من جوانب الفرجات التى تكونها المسيرات الظهرية (شكل ١٥٩ ز) وعلى ذلك تتداخل فرجاتها مع فرجات المسيرات الظهرية . ثم تلتوى المسيرات البطنية فى الحال ، وتدخل مقلوبة الى الكربة . ويبين شكل ١٥٩ ح الحالة فى التخت بعد خروج المسيرات البطنية للكرابل مباشرة . ويشاهد بقاعدة غرفة كل كربة المسير الظهري الى الخارج ، وزوج المسيرات البطنية الى الداخل ، يليها باقى الأسطوانة

الوعائية المكونة من خمس كتل من النسيج الأقل درجة في النمو (ظاهر بخطوط منقطه) شكل ١٥٩ ح، معظمها من اللحاء، وبعض الخشب الضعيف. ثم يصغر هذا النسيج ويضعف (شكل ١٥٩ ط، في المركز) أثناء اتجاهه نحو قمة التخت المستديرة ثم ثلاثى (شكل ١٥٨ أ، ب). ويشبه هذا الثلاثى في النسيج الوعائى ما يشاهد عادة في الأسطوانة الوعائية للسوق المورقة الطرفية. ويبين شكل ١٥٩ ط الكرابل تكاد تكون سائبة من التخت، يغذى كلا منها ثلاث حزم. ويبين شكل ١٥٩ ى (فوق التخت) قطاعات عرضية في الخردل المعتادة حيث تظهر حزمها الظهرية وأزواج من حزمها البطنية المقلوبة.

زهرة يرولا (٧):

يبين شكل ١٥٨ ج، د، التركيب الوعائى للزهرة. يبين الشكل ج الأسطوانة الوعائية مجزأة عند أحد الجوانب ومنتشرة، والشكل د منظر جانبي للأسطوانة



(شكل ١٥٩)

اشكال تخطيطية بين التركيب الوعائى لزهرة اخيليا (٧) كما يرى في قطاعات عرضية متتالية من منق الزهرة حتى مستوى أعلى قمة التخت. الوصف التفصيلى بالتين

الوعائية حيث تخرج المسيرات الى أفراد كل محيطات الزوائد الزهرية . ولا يوجد للعمود الوعائي تحت هذه الزهرة جزء أثرى بعد المسيرات البطنية للكرابل . ويشبه تركيب عنق هذه الزهرة مثيله في زهرة أخيليا . وبخلاف الزهرة الأخيرة يلاحظ وجود مسير واحد فقط لكل سبلة بزهرة بيرولا . وتشبه مسيرات البتلان والأسدية مثيلاتها في زهرة أخيليا ، ولو أن عدد الأسدية أقل ، كما أنها موجودة في محيطين متجاورين . وتلتحم حزم العمود الوعائي مثنائى لتكوين خمس حزم فوق نقطة خروج المسيرات الظهريّة للكرابل ، وتمثل كل حزمة المسيرين البطنيين للكربلية . ويشارك في تكوين هذه المسيرات كل ما تبقى من النسيج الوعائي .

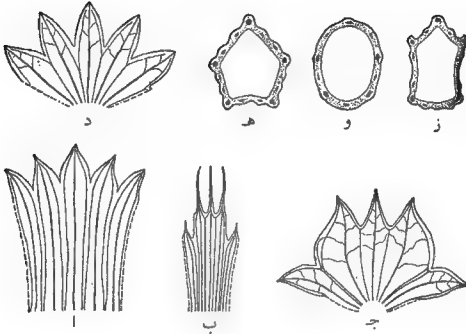
التركيب التشريحي لأزهار أكثر تعقيداً

الالتحام في العمود الزهري :

أهم التغيرات التي تحدث في الزهرة نتيجة لتخصصها ، هي التلاحم واختزال الزوائد الزهرية . وتوجد مراحل الالتصاق — حيث تلتحم أفراد كل محيط ببعضها البعض — ومراحل الاندماج — حيث تلتحم أفراد محيط ما بأفراد المحيط الذى يقع أعلاه أو تحته — في كثير من الفصائل . ويدل على اختزال الزوائد الزهرية وجود الأجسام الأثرية والدراسة المقارنة للأنواع المشابهة . وعند تتبع التاريخ التطورى للالتحام يلاحظ أن الأعضاء تلتحم من الخارج أولاً ، مع عدم تغير التركيب الداخلى . ويعتبر خط الالتصاق ، من الناحية النسيجية ، غير واضح أو مختفى ، كما أن الأنسجة الوعائية لا تتغير . ثم يزداد الالتحام ، وربما شمل الحزم الوعائية أيضاً ، اذا كانت متجاورة . وقد يكون الالتحام بين المسيرات وحدها أو بين المسيرات والحزم ذاتها داخل الزوائد الزهرية ولكنه لا يمتد أبداً بطول الحزم . وهناك عادة من أدلة النشأة التكوينية والأدلة النسيجية ما يؤكد وجود الالتحام .

الالتحام في صورة الالتصاق :

يظهر أثر النطاق العمود الوعائى أساسياً ، في المسيرات الجانبية ، وفي الحزم التى تتجاور بالتحام السبلات ، أو البتلان ، أو الكراپل ، أو الالتحام الحافى لحواف الكربلية غير الملفوفة . ويمكن بيان ذلك بالمثلة التالية :



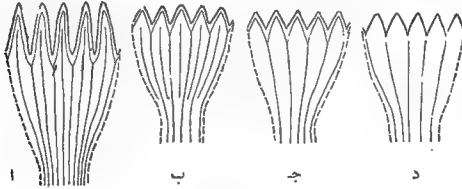
(شكل ١٦٠)

التركيب التشريحي للكؤوس ، مبينا مراحل التحام الحزم الجانبية قبل الالتصاق . أ لببتا فيرونكا^(١) ب ، بليفا هيرسوتا^(٢) ج ، تريكوستما دايكوتوموم^(٣) د ، شندقورة (أجوجا ريبانز)^(٤) هـ ، و ، ز (قطاعات عرضية) ، هـ ، شاي أوسوبير (موناردا ديدما^(٥)) ، و ، فيزستيجيا فيرجينيا^(٦) ز ، سلفيا باكينز^(٧) . الوصف التفصيلي بالمتن

تبين الكؤوس ذوات السبلات الملتحمة بازهار أنواع النعناع كل مراحل التحام النسيج الوعائي . ففي زهرة نيبتا^(٨) (شكل ١٦٠ أ) يوجد عرق وسطى وحزمتان جانبيتان بكل سبلة ، ولا يوجد التحام ، وتظهر بكأس زهرة شندقورة (أجوجا^(٩)) (شكل ١٦٠ د) أزواج الحزم الجانبية ملتحمة حتى قريبا من الجيوب . ويظهر زوجان من الحزم الجانبية ملتحمة وثلاثة أزواج سائبة بكأس زهرة بليفا^(١٠) الوحيدة التناظر (شكل ١٦٠ ب) ، وبالمثل في زهرة

<i>Blephilia hirsuta</i> (٢)	<i>Nepeta veronica</i> (١)
<i>Asya reptans</i> (٤)	<i>Trichostema dichotomum</i> (٣)
<i>Physostegia virginiana</i> (٦)	<i>Monarda didyma</i> (٥)
<i>Nepeta</i> (٨)	<i>Salvia patens</i> (٧)
<i>Blephilia</i> (١٠)	<i>Asya</i> (٩)

تركوبتيما^(١) (شكل ١٦٠ ج) ، فيما عدا أزواج الحزم السائبة التي تلتحم قليلا عند الجيوب . ويؤخذ في الاعتبار عدد أضلع الكأس للترقية بين أجناس الفصيلة الشفوية^(٢) وهي صفة تقسيمية تعتمد على مدى الالتحام بين الحزم الجانبية ، كما في زهرة موناردا^(٣) (شكل ١٦٠ هـ) ، وبها ١٥ حزمة دون التحام ،



(شكل ١٦١)

الجهاز الوعائي لأنواع من التوزيع ملتحم البتلات مينا التحام الحزم الجانبية للبتلات واختفاء الحزم أثناء الاختزال . ١٠ هيلبانثس دافاريكاناس^(٤) ، ب ، سينسيو فريمانثيا^(٥) ، ج ، عين البقر (كرويا نثيمام ليكانثيمام^(٦) ، د ، رانثيمام أوريثال^(٧)) . في جميع الامثلة يظهر الالتحام كاملا حتى قريبا من الجيوب ، ويظهر في كيريانثيمام اختفاء الأطراف السالبة للحزم الجانبية . وتظهر مراحل اختفاء الحزم الوسطى البتلية : ١ : الحزم غير مفترقة ، ب ، الإجراء القاعدية مخفية ؛ ج ، د الحزم غير موجودة . (من كوخ)

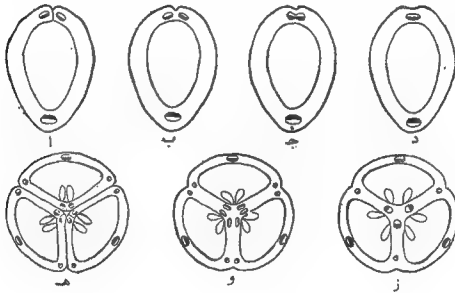
وزهرة فيزوستيجيا^(٨) (شكل ١٦٠ ز) وبها ١٠ حزم ، الأزواج الجانبية منها ملتجمة ، وزهرة سلفيا^(٩) (شكل ١٦٠ ز) وبها ١٣ حزمة ، منها زوجان من الحزم الجانبية ملتجمة . ويوجد التحام مماثل شائع في البتلات (شكل ١٦١) والكرابل (شكل ١٦٤) .

ويعتبر التفاف الكريلة أبسط أنواع التحام المتاع من نوع الالتصاق (شكل ١٦٢) . ويتميز الحجاب البطنى لأبسط أنواع الكرايل ، وهو الخردلة ، بزواج من الحزم ناتج من تقارب الحزمتين البطنيتين (شكل ١٦٣ أ ، ب) . وفي أدوار

Labiatae (٢)	Trichostema (١)
Helianthus divaricatus (٤)	Monarda (٣)
Chrysanthemum Leucanthemum (٧)	Senecio Fremontii (٥)
Physostegia (٨)	Xanthium orientale (٧)
	Solvia (٩)

النشوء القبلية المبكرة ، تتلامس حواف الكربة فقط ، أو تلتحم قليلا (شكل ١٦٢) . (قد تكون الكربة غير مقفولة تماما في بعض الأجناس) . وبازدياد الالتحام ، تختفى طبقات البشرة من السطح وتكون الحزمتان حزمة مزدوجة (شكل ١٦٢ ب ، ج) وعند تمام الالتحام ، تصبحان حزمة واحدة لا يظهر عليها ، من حيث التركيب النسيجي ، أو النشأة التكوينية ، أى دليل على أنها مزدوجة (شكل ١٦٢ د) .

وقد يظهر التهام النسيج الوعائى للكربة فى الحزم البطنية ، فتتشأ كمسير واحد على امتداد هذه الحزم ، وأحيانا يظهر الالتحام فى جزء من الكربة (شكل ١٦٣) ، فتتشأ الحزم البطنية كمسيرات منفصلة ، ولكنها قد تتحد عند أى نقطة أثناء مسيرها . والكربة التى لها حزمتان ، واحدة ظهريّة والأخرى بطنية مكونة من حزمتين ، قد يكون لها مسير واحد أو مسيرين . كما أنه فى

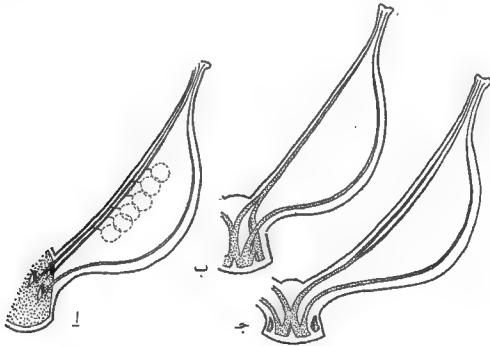


(شكل ١٦٢)

قطاعات عرضية تخطيطية لبايوس نموذجية مبينة الأثار التركيبية للاتصاق ، خصوصا على الحزم الوعائية : أ - د ، مراحل التهام الحزم البطنية للخرادل ، هـ - ز ، مراحل تطور التهام الكرايل ، التهام الكرايل وحزمها البطنية والجانبية . أ ، حواف الكربة مضمومة ، ولكنها غير ملتصقة ، طبقات البشرة موجودة ، ب ، الحواف ملتصقة ، طبقات البشرة غير موجودة ، ج ، الحزمتان البطنيتان ملتصقتان قليلا ، د ، الحزمة البطنية تامة الالتحام دون ما يدل على التهامها نسيجيا ، هـ ، التصاق الكرايل دون التهام تركيبى ، و ، الجدر الجانبية للكربة ملتصقة ، الحزم البطنية والجانبية للكرايل المتجاورة متقاربة فى أزواج ولكنها غير ملتصقة ، ز ، أزواج ولكنها غير ملتصقة ، ز ، أزواج الحزم الجانبية والبطنية للكرايل المتجاورة كاملة الالتحام .

الكرابل الشديدة الاختزال ، خصوصا في الفقيرات ، قد تنشأ المسيرات الكربلية الثلاثة كمسير واحد ثم تنفصل عن بعضها عند قاعدة غرفة الكربلة فقط (شكل ١٦٨ و ، ط) كما يظهر الالتحام بين حزم الكربلة في الجزء البعيد عن قاعدة المبيض أو في القلم ، بينما تكون المسيرات والحزم في مكان آخر غير ملتحمة .

تظهر تغيرات نتيجة لالتحام الكرايل تشبه التغيرات الموجودة بالكرايل السائبة (شكل ه - ز) . فتتلاشى الخطوط الفاصلة بين الكرايل ، وكذلك حوافها (شكل ١٦٢ و) . وتكون الحزم البطنية المقلوبة ، حلقة مركزية من الحزم التي توجد أزوجا عادة ، كل زوج منها عبارة عن الحزم البطنية للكربلة ذاتها ، أو غالبا ما يتكون كل زوج من كل كربلتين متجاورتين . وتقبل حزمًا كل زوج إلى الالتحام وتشاهد بهما كل درجات الالتحام . وقد توجد حلقة مكونة من ست أو ثلاث حزم بطنية (شكل ١٦٢ ١٦٣) في مركز المبيض المكون من ثلاث



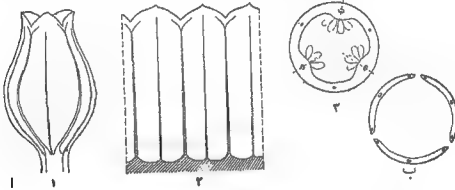
(شكل ١٦٣)

جهاز الكربلة الومالي . ١ ، ثلاثة مسيرات من ثلاث فرجات ، الحزم داخل الكربلة غير ملتحمة حتى الميسم ، ب ، ثلاثة مسيرات من عمود ومالي مجزا ، سرعان ما التحمت الحزم البطنية ، وتظهر بالكربلة حومتان فقط ، ج ، تنشأ الحزم البطنية ملتحمة ولكنها تصبح سائبة عند قاعدة المبيض . تدخل قمة العمود الومالي الزهري في تكوين المسيرات البطنية بالشكلين ب ، ج .

كرايل ملتحمة — وإذا وجدت ثلاث حزم ، تعتبر كل حزمة ، مزدوجة من الناحية الشكلية ، وتمثل اما أصلى المسيرين البطنيين لكربلة واحدة أو مسير واحد من احدى الكرايل وآخر من الكربلة المجاورة . وعندما نشأ الالتحام الكرايل وما زالت متفتحة ، والحافة ملتحمة بالحافة ، وبداخل غرفة واحدة مشتركة (شكل ١٦٤) — أو عندما اختزلت الحواجز أو اختفت ، وأصبح الوضع المشيمي ، جداريا — فان الحزم البطنية للكرايل المتجاورة توجد في أزواج ، أو تلتحم ، بالجدار الخارجى للمبيض (شكل ١٦٤ أ) . وتجرى حدود الكربلة في هذا النوع من المبايض خلال المشيمات ، وتعتبر الأخيرة ، من الناحية الشكلية ، أجساما مزدوجة ينتمى كل نصف منها الى كربلة مختلفة .

الالتحام فى صورة الانماج :

عندما تلتحم أفراد محيط ما بأفراد المحيطات الأخرى — سواء كانت المحيطات من أعضاء متشابهة أو مختلفة — فان حزمها الوعائية تميل الى الالتحام كما فى الالتصاق . ويحدث الالتحام بين الحزم المتجاورة فى وضع قطرى أو مماسى وربما شمل الالتحام أى عدد من الحزم المنتمية الى محيطين أو أكثر .



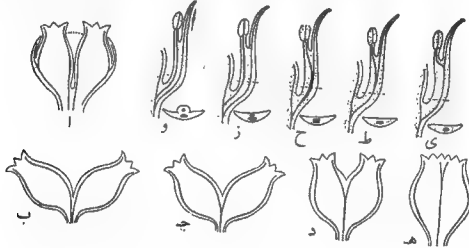
(شكل ١٦٤)

اشكال تخطيطية تبين الالتصاق بين الكرايل . ١ ، على اساس تركيب الخواص (ريزيدا اودوراتا) (١) ١ ، منظر جانبي مبينا منشأ المسير وسير الحزم داخل المبيض ، وتظهر الحزم الجانبية البطنية فى الكرايل المتجاورة وهى ملتحمة فيما هذا اطرافها ، ت ، جدار المبيض منشق طوليا ومنبسط ، ج ، قطاع عرضي خلال مركز المبيض ، تمثل الخطوط المنقطلة حدود الكربلة . كما التهمت الحزم البطنية فى ازدواج وتقع الحزم الملتحمة والمشيمات على خط الالتحام الكرايل . ب ، مبينا موضع الكرايل تقريبا قبل الالتحام لتكون المبيض الكرايل من النوع الظاهر بالشكل ١

وتظهر مراحل الالتحام في مثال بسيط - السداة فوق البتلة - مينة بالشكل ١٦٥ و - ط وتحت الشرح . كما يمكن مشاهدة هذه المراحل في كثير من الفصائل ، كما في الفصيلة الكراسيولية^(١) على سبيل المثال . ويظهر الالتحام الذي يشمل عدة محيطات ، مع امتداد الاتحاد الى مسافات مختلفة من منشأ المسير ، بأزهار الفصيلة الوردية^(٢) (شكل ١٦٧ م - ش) .

المبيض السفلى :

ظاهر أن المبيض السفلى يتكون باندماج السبلات ، والبتلات ، والأسددة مع الكرابل ، أو بسقوط المتاع داخل التخت المجوف ، مع التحام التخت حول



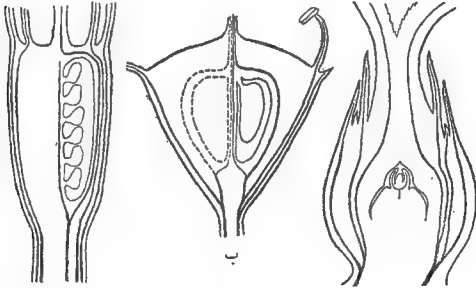
(شكل ١٦٥)

اشكال تخطيطية تبين التحام الحرم الوعائية من نوع الاندماج . و - ي ، مراحل التحام السداة مع البتلة ، كما ترى في قطاعات طولية ومرفسية : و ، الأضواء ملتصحة قليلا ، ويظهر انفصال المغزوين بوضوح من الخارج ، ز ، الالتحام أكثر اكتمالا ، التركيب المزدوج غير واضح في الجزء السفلي من الخارج ، ولكن الحرم الوعائية منفصلة في جميع أجزائها ، ط ، ي ، الحرم الوعائية ملتصحة الى مسافات مختلفة من القاعدة ، دون وجود دليل نسيجي على ازدواجها . ١ ، اندماج القنابات مع الأزهار ، لونيسرا سروليوا^(٣) ، تندمج القنابات مع الجزء السفلي من المبايض السفلية ولتصم الحزمة الوسطى للقنابة مع إحدى حزم جدار المبيض . ب - ه ، اندماج زهرة مع زهرة : ب ، لونيسرا الكندية^(٤) ، ج ، لونيسرا تاتاريكا^(٥) ، د ، لونيسرا الطرة^(٦) ، ه ، لونيسرا الطويلة الأوراق^(٧) تبين الأنواع الأربعة تزايد التحام المبايض ، مع تزايد مماثل في التحام الجهاز الوعائي للزهريين . ١ - ه من ويلكينسون)

Rosaceae^(١)
Lonicera canadensis^(٤)
L. fragrantissima^(٦)

Crassulaceae^(٢)
Lonicera caerulea^(٣)
L. tatarica^(٥)
L. oblongifolia^(٧)

الكرابل . وتبين الأدلة التشريحية بوضوح أن المبيض السفلى ، في كل الفصائل تقريبا ، ناتج من التحام الزوائد الزهرية بالكرابل . وتجري مسيرات الأعضاء المندمجة داخل جدر المبيض ، في بعض النباتات ، مثل الستروميريا ^(١) وحبل المساكين (هيدرا هيليكس ^(٢)) وهي سائبة حتى قاعدة المبيض ، في مواضعها الأصلية كما لو لم يكن هناك اندماج (شكل ١٦٦ أ ، ب) . ولا يظهر التحام ، ومع ذلك ، فهناك التحام لمسافات مختلفة بجدار المبيض في معظم الأنواع ذوات المبايض السفلية ، كما في الجوز ^(٣) (شكل ١٦٦ ج) وبعض أفراد الفصيلة الأيريكية ^(٤) (شكل ١٦٧ أ - و) . ويتكون جدار المبيض في مثل هذه الأنواع - كما هو واضح من موضع ومسير الخزم - من جدار المبيض الحقيقي وأنسجة الأعضاء المندمجة .



(شكل ١٦٦)

أشكال لمخططة تبين التركيب الوعالي في المبايض السفلية . أ ، الستروميريا ، ب ، هيدرا هيليكس حيث حرم الكأس والتويج والاسدية غير ملتحة بعضها بمبيض أو بحزم الكرايل خلال مسيرها داخل جدار المبيض ، ج ، الجوز الأسود ^(٥) (اندمجت بالزهرة القنابات والقنابات وكذلك السبلات) حرم السبلات ، والقنابات ، والقنابات ملتحة بحرم الكرايل إلى مسافات مختلفة من مكان نشأتها (لا تظهر الحرم البطنية للكرابل في مستوى القطاع) . أ ، من فان تيجيام ، ج ، من مانينج (

Hedera helix ^(٢)
Ericaceae ^(٤)

Alstromeria ^(١)
Juglans ^(٣)
Juglans niger ^(٥)

يتطلب سقوط المتاع داخل التخت انغمار قمة الهيكل الوعائى . ويحتوى جدار المبيض فى هذه الحالة على اسطوانتين من حزم العمود الوعائى ، الداخلية منها مقلوبة . وينحنى داخل الفجوة الى أسفل ، الجزء البعيد عن قاعدة العمود للتخت ، وهو الذى تخرج منه مسيرات الكرابل ، وتصبح الكرابل العليا سفلية من ناحية الشكل . وتبين زهرة داريا^(١) (شكل ١٦٧ ل) هذا التركيب كمثال للفصيلة الصندلية^(٢) وهى الفصيلة الوحيدة التى بها مبيض سفلى من أصل تختى . وفى قليل من الأجناس ، كما فى الورد^(٣) (شكل ١٦٧ ك) ، وكاليكانثاس^(٤) تفوص قمة التخت وتمد الكرابل الفجوة ، ولكن جوانب تجويف التخت لا تلتحم بالكرابل وتظل المبايض علوية . والجزء السفلى من ثمرة الورد للحمية عبارة عن التخت ، والجزء العلوى عبارة عن زوائد ملتحمة ، كما يتضح من مسير الحزم الوعائية (شكل ١٦٧ ك) . ويبين الشكل (١٦٧ ط - ك) مراحل نمو ثمرة الورد بأثلة من الأجناس القريبة . وتعتبر ثمرة زر الورد^(٥) والتفاح عادة تختا لحميا من نفس النوع . ولكن الورد والتفاح ينتميان الى مجموعات متباعدة داخل الفصيلة الوردية ، كما يبدو بالأدلة التقسيمية والخلوية والتشريحية ، كما أنغارها ليست متجانسة . ومبيض ثمرة التفاح والأجناس القريبة كلها زوائد - وتنشأ مسيرات كل الأجزاء الزهرية من تخت عادى الشكل ولا توجد حزم هيكلية مقلوبة . والاندماج ممتد (شكل ١٦٧ ش) : فيمتد المسير الأوسط للسبلة ومسير السداه ، والمسير الظهري للكربل ، فى مجموعة من أنصاف الأقطار ، وفى أنصاف الأقطار المتبادلة مع السابقة ، تتحد المسيرات الجانبية للسبلات المجاورة ، ومسير البتلة ، والمسيرات الثلاثة للأسيدي . ويمتد التحام مسيرات الأعضاء المختلفة لمسافات مختلفة ، فيما عدا المسير الظهري للكربل الذى يلتحم لمسافة قصيرة مع غيره من المسيرات . ويمكن رؤية حدود الكربل من الناحية النسيجية فى بعض أنصاف التفاح . ويتكون لحم ثمرة التفاح شكليا من أنسجة من كل أجزاء الزهرة ، ويكون التخت جزءا ضئيلا عند القاعدة . ويبين الشكل ١٦٧ (م - ش) مراحل النمو التطورى للمبيض فى أجناس قريبة للتفاح .

Santalaceae (١)

Calycanthus (٤)

Darbya (١)

Rose (٣)

rose hip (٥)

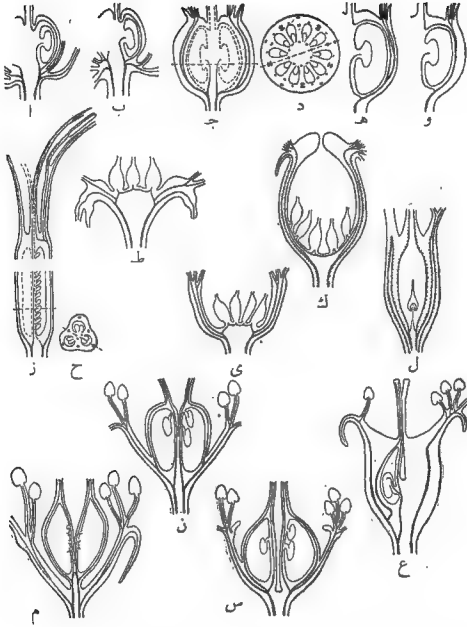
ويظهر الالتحام المطلق لحزم كل الزوائد في المبيض السفلى لمعظم السحليات^(١) ، والسوسن^(٢) وزهور شب الليل (أونيثرا)^(٣) ، ويشاهد عدد قليل من الحزم في الجدار الخارجى للمبيض بالقطاعى العرضى (شكل ١٦٧ ز ، ح) .

اندماج الأزهار مع غيرها من الأزهار وغيرها من الأعضاء :

إذا حملت زهرتان أو أكثر ، حملت متجاورة على شمراخ زهرى ، فانها قد تلتحم من الناحية التشريحية كما فى زهرة ميتشيللا^(٤) وزهرة ماكلورا^(٥) وبعض أنواع شبرفايد^(٦) وكورنس^(٧) . ويشمل هذا الالتحام الأجزاء للقاعدية وحدها وخصوصا المبيض . وتظهر كل مراحل التحام المبيض فى الزهرتين المتجاورتين بأنواع عدة من شبرفايد (شكل ١٦٥ ب — هـ) ، وتلتحم المبيض فى زهرتين نادرا فى ثلاث أو أربع أزهار ، التحاما تاما ، فى ميتشيللا . والالتحام بهذه الأجناس كامل لدرجة أن بعض حزم الزهرة تلتحم بحزم الزهرة المجاورة فى الأنواع الشديدة الالتحام . وقد يحصل الغلاف الزهرى لزهرتين على الغذاء من حزمة واحدة داخل المبيض المزدوج .

قد تلتحم القنابات بالأزهار التى تحملها ، كما فى زهرتى الجوز^(٨) وشبرفايد^(٩) (شكل ١٦٥ أ ، ١٦٦ ج) . والأناناس^(١٠) مثال لالتحام كل أجزاء النورة — الأزهار ، والقنابات ، والمحور — وتزدحم الأزهار الكثيرة ، فى حلوزنات ، لكل زهرة قنابتها ، ويفلف المبيض السفلى لكل زهرة تماما بالقنابات ، فيغلف النصف الأمامى بقنابته ، والجزء الباقى بأجزاء من القنابات الثلاث الأخرى . والالتحام تام من الناحية النسيجية بين المبيض والقنابات المحيطة الأربعة حتى قمة المبيض . ويمتد هذا الالتحام خلال النورة ، مؤديا الى التحام كل المبيض وكل القنابات والمحور فى جسم واحد . وكل حزم الزهرة غير ملتحمة ببعضها أو بحزم القنابات ، ولكن حزم القنابات المتجاورة ملتحمة عادة وتغذى كل قنابتين متجاورتين .

Irises (٢)	Orchids (١)
Mitchella (٤)	Oenothera (٣)
Lonicera (٦)	Maclura (٥)
Juglans (٨)	Cornus (٧)
Ananas comosus (١٠)	Lonitiera (٩)



(شكل ١٦٧)

التركيب الوعائي للأزهار بالنسبة للاندماج والمبيض السفلى . ١ - و ، أزهار الفصيلة الإبريكية (١)
 مبيئة مراحل الزيادة في اندماج الزوائد الزهرية : ١ يبرولا سيكوندا (٢) ، المبيض علوى ، لا يوجد
 اندماج ، ب ، اندروميديا جلوكوفيللا (٣) ، المبيض علوى ، الأسدية ملتصقة بالبتلات عند القاعدة ،
 مع التحام الحزم الوعائية لمضوين حتى نقطة الانقصال تقريبا ، ج ، د ، جايلوساكيا فروندوزا (٤)
 المبيض سفلى ، تندمج الكأس والتويج والأسدية مع الكرابل ولكن الجهاز الوعائي لهذه الأعضاء

Pyrola Secunda (٢)
Oxylus frondosa (٤)

Ericaceae (١)
Andromeda glaucophylla (٣)

سالب في مسيره خلال منطقة الاندماج ، فيما عدا الجزء الماسق للقاعدة ، حيث الحزم التي تقع على بعض اذ ساف الاقطار - حزم السيلات والاسدية الخارجية والحزم التي على الاقطار المتبادلة (حزم البنتلات والاسدية الداخلية) - ملتصمة ، د ، قطاع مرضى خلال مركز المبيض مبينا وضع الحزم وحالتها الحرة في الامضاء المندمجة مع الكرايل (الحزم الكريالية الظهريه غير ملتصمة بنورها من الحزم حيث أنها تقع على انصاف اقطار مختلفة) ، ه ، و ، فاكسينيوم كورمبوزوم^(١) وفاكسينيوم ماكروكاربون^(٢) ، مبيئين التحام حزم البتلة والسداء بالحزم الكريالية الظهريه ، وهو التحام أكثر تقدما منه في ج . ز ، ح ، ايريس فيرسيكولور^(٣) ، مبيض سفلى نموذجي ، حزم الامضاء المندمجة في كل نصف قطر ملتصمة بطولها حتى قمة المبيض . ط ، ي ، داليباردا ريبينز^(٤) روباس ترايفلوراس^(٥) ، ورد سينيجيرا^(٦) على الترتيب : ط ، ي ، مبيئين تفلطح قمة التلخت ، ك مبينا التفتار القمة . ل ، بها الحزم الهيكلية مقبولة على بند ثلث المسافة من القمة ، الثلث الاسفل بحزمه الهيكلية المقبولة ينشئ الى التلخت ، الثلثان العلويان ، « أنبوية الكاس » - السيلات ملتصمة بالبتلات والاسدية - ضيها ومتجانسا مع ط ، ي ولكنها مقوسة الى الداخل ، وتغطي الكرايل الفائرة . ل ، دادنيا^(٧) المبيض سفلى مكون بالقلب قمة التلخت كما يظهر من الحزم الوعائية المقبولة . م - ن سلسلة من الاجناس الوردية القريبة ، مبيينة مراحل اندماج « أنبوية الكاس » مع الكرايل : م ، ن فيروكارياس او بيوليفولياس^(٨) ، الكرايل علوية ، السيلات والبنتلات والاسدية ملتصمة ، ولكن « أنبوية الكاس » سالية من الكرايل ، ن ، سورباس سوربيغوليا^(٩) ، أنبوية الكاس ملتصمة بقاعدة الكرايل ، س ، سباريرا فان هوتاي^(١٠) ، « أنبوية الكاس » مندمجة مع الكرايل في منتصف المسافة الى قمة المبيض ، ش ، مالاس بيوميل^(١١) « أنبوية الكاس » مندمجة مع الكرايل حتى القمة ، الحزم في بعض اصناف الاقطار ملتصمة بالحزم الكريالية الظهريه (ط - ك - م - س ، هـ جاكسون ، ل - هـ سميت)

وعندما تلتحم الأجزاء الخضرية أيضا ، كما يحدث عند التحام قنابة بشمراخ زهرى كما في اليزفون^(١٢) والشماريخ الابطية بالساق المجاورة كما في سبارجانيوم^(١٣) وستريتوباس^(١٤) - مكونة نورات فوق ابطية - فان النسيج الوعائي يلتحم أيضا ويصبح معقد التركيب .

الجهاز الوعائي المشيمي :

حيث أنه في كثير من الأزهار ، تخرج مسيرات البويضات من الحزم البطنية مباشرة ، فقد سميت هذه الحزم خطأ « الحزم المشيمية » . مع أن المشيمة في الخردل ، والفقيرات ، وبعض أنواع أخرى من المبايض ، عبارة عن موضع فقط ،

V. macrocarpon (٢)	Vaccinium corymbosum (١)
Dalibarda Repens (٤)	Iris versicolor (٣)
Rose setigera (٦)	Rubus triflorus (٥)
Physocarpus opulifolius (٨)	Darbya (٧)
Spiraea van Houttei (١٠)	Sorbus sorbifolia (٩)
Tilia (١٢)	Malus pumila (١١)
Streptopus (١٤)	Sparganium (١٣)

وفي هذه الحالات لا يوجد جهاز وعائى يغذيها . وانما تغذيها فروع من الحزم البطنية التى تتفرع كذلك معطية مسيرات البويضات ، عند ما تصبح المشيمة واضحة ، كأن تكون نحواً لحما من منطقة على حافة الكربة ، كما فى الفصيلتين الأريكية^(١) والقرعية^(٢) . وواضح أن البويضات على المشيمة فى مبيض ملتحم الكرابل يمكنها أن تحصل على جهازها الوعائى من كرابل مختلفة ، وقد تحصل البويضات التى تبقى بعد اختزال عددها ، من عدد أصلى كبير ، على مسيرات وعائية قوية . كما يمكن أن يغذى الجهاز الوعائى لأكثر من الكربة ، بويضة واحدة أو اثنين ، فى حالة الاختزال الشديد ، كما فى بعض أنواع الوضع المشيمى القاعدى ، والمركزى الحر (الفصيلتين الجوزية^(٣)) والبوليغونية^(٤) (وبين التركيب التشريعى أنه لا توجد بويضات ساقية بكاسيات البذور) .

الجهاز الوعائى الأثرى :

يبين العمود الوعائى للأزهار الحديثة ، تركيب الأنواع المندثرة . وقد سبقت الإشارة الى وجود مسيرات أثرية عند قمة التخت (شكلى ١٥٨ ، ١٥٩) . وقد تبقى آثار الجهاز الوعائى بالأعضاء المفقودة ضمن أنسجة التخت بينما لا يظهر لهذه الأعضاء أى أثر خارجى . ويندر اختفاء الجهاز الوعائى لعضو أثرى بينما بقايا العضو الخارجى مازالت موجودة . والأنسجة الوعائية الأثرية بالأعضاء المفقودة عبارة عن بقايا مسيرات مدفونة فى قشرية التخت عادة . والأعضاء المفقودة المثلة بهذه الطريقة قد تكون محيطات كاملة من البتلات والأسدية على وجه الخصوص ، أو أفراد من محيطات باقية . وتظهر أصول حزم البتلات المفقودة بكثرة فى الأزهار عددة البتلات كما فى أريستولوخيا^(٥) ، ورامناس^(٦) (عددة البتلات) والصنصاف^(٧) ، والبلوط^(٨) (بعض أنواعه) ، وتظهر أصول حزم الأسدية المفقودة فى الفصائل الشحمية^(٩) ، والشفوية^(١٠) والقرعية^(١١) ، وأجناس

Cucurbitaceae (٢)

Polygonaceae (٤)

Rhamnus (٦)

Quercus (٨)

Labiatae (١٠)

Ericaceae (١)

Juglandaceae (٣)

Aristolochia (٥)

Salix (٧)

Scrophulariaceae (٩)

Cucurbitaceae (١١)

ليسيماشيا^(١) وكيوناثاس^(٢) ، وليكنس^(٣) ، وتظهر مسيرات الكرابل المفقودة في فصائل الكاريوفولية^(٤) ، والأيريكية^(٥) والسديه^(٦) ، والفاليريانية^(٧) وتظهر من الخارج ، بقايا الأعضاء المفقودة ، في الأزهار الوحيدة الجنس عادة ، وإذا اختفت هذه البقايا الأثرية ، فقد توجد مسيراتها داخل التخت كما في الفصائل الزانية^(٨) والقرنولية^(٩) والحريقية^(١٠) .

وتظهر بكثرة مسيرات البويضات المفقودة ضمن الأجسام الأثرية بالزهرة وهي شائعة الوجود في بعض الفصائل خصوصا الشبقية والخيمية^(١١) والوردية^(١٢) (شكل ١٦٨ ب ، ه ، ن) .

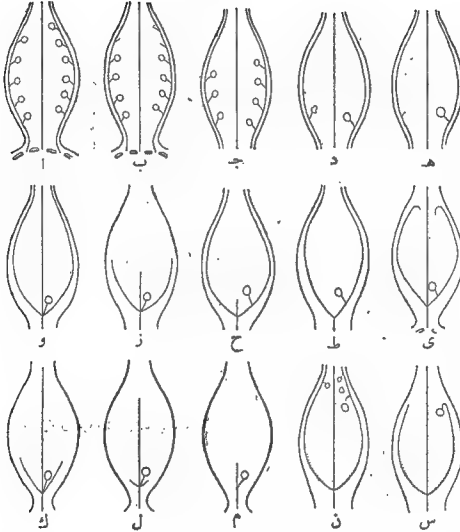
اختزال الجهاز الوعائي داخل عضوما :

عند ظهور الاختزال في عضو ما أثناء التخصص التطوري — مثال ذلك ، عندما تتحول خردلة بها عدة بويضات الى فقيرة بها بويضة واحدة، وعندما يختزل حجم التويج في الأزهار الصغيرة المزدحمة بالهامية في الفصيلة المركبة^(١٣) — يختزل كثيرا النسيج الموصل للعضو . وقد تقصر حزم الكرابل الظهرية أو البطنية ، كما تمتد الأخيرة الى البويضات فقط . وفي حالات الاختزال الشديد ، يتكون النسيج الموصل للكربلة من حزمة صغيرة تجري من العمود الوعائي للتخت حتى البويضة مباشرة . وتظهر مراحل وأنواع هذا الاختزال في الفقيرات (شكل ١٦٨) . وقد تدخل حزمة السداة قاعدة الحيط فقط ، وهي التي تمتد عادة الى المتك . كما تقصر أو تختفي الحزم الوسطية أو الجانبية في البتلة . وتختفي الحزمة الوسطية أكثر من غيرها عادة بالتويج المتحتم البتلات (شكل ١٦١ ب، ج، د) ، وتبقى الحزم الجانبية المتلحمة وربما اختزلت الأخيرة في الطول (شكل ١٦١ د) .

Chionanthus (٢)	Lysimachia (١)
Caprifoliaceae (٤)	Lychnis (٣)
Rutaceae (٦)	Ericaceae (٥)
Fagaceae (٨)	Valerianaceae (٧)
Urticaceae (١٠)	Caryophyllaceae (٩)
Rosaceae (١٢)	Umbelliferae (١١)
	Compositae (١٣)

السبلة والبتلة :

تشبه السبلة والبتلة الورقة عادة في الشكل والمظهر الخارجى العام . كما تشبه السبلة الورقة من حيث التركيب الا اذا كانت السبلة بتلة ، كما تشبه البتلة الورقة في التركيب العام ولكنها تختلف من الناحية النسيجية عن الورقة النموذجية في أمور كثيرة (شكل ١٦٩) . فجهازها الوعائى مختزل في الكمية وفي الأنسجة الدعامية عادة ، كما أن النسيج المتوسط بسيط التركيب ، ولا توجد طبقة عمادية عادة ، ويتكون النسيج الأسفنجى من عدد قليل من الطبقات الحلوية، كما توجد بلاستيدات ملونة أو عصير خلوى ملون أو يوجد كلاهما معا . وبشرة البتلة أبسط تركيبا من بشرة الأوراق وجدر خلاياها ضعيفة عادة وتركيبها معقد وهى متعرجة غالبا ، نجمية الشكل أو مفصصة دون نظام ، كما تتداخل الخلايا مع بعضها . وتكون خلايا بشرة البتلات التى بهذا الشكل وهذا الترتيب ، طبقة دعامية أقوى من غيرها التى تتكون من خلايا أبسط تركيبا . وتظهر عادة على خلايا أحد سطحي البتلة أو على كل منهما حلقات . والشعور أقل عددا منها على الأوراق وغالبا ما تؤدي وظيفتها أو لا توجد بتاتا . كما أن الخلايا الحارسة لا تحتوى على بلاستيدات خضراء الا اذا وجدت البلاستيدات بالنسيج المتوسط وتظهر المساحات الافرازية والشعيرات المغذية بكثرة ، وكذلك المسافات البينية في المنحنيات أو فصوص الجدار الخلوى (شكل ١٧٠ ج ، د ، هـ) وهى مغطاة دائما بالآدمة . وتختلف كثافة الآدمة اختلافا كبيرا ، وهى رقيقة جدا على سطح البتلات الرقيقة بالنباتات الحولية وتظهر الأنواع المتطرفة من البتلات اختلافا كبيرا عن التركيب النموذجى السابق وصفه . فتحتوى البتلات الأقل تخصصا على جهاز وعائى قوى ، وطبقة ضعيفة من النسيج العماوى ، بها بلاستيدات خضراء وبشرة لا تحتوى على حلقات ، وفغور كثيرة ، وتحتوى على طبقة تحت بشرة غالبا ، كما أن بها نسيجا دعاميا حول المروك الكبرى ، وتحتوى البتلات الأعلى تخصصا على نسيج وعائى ضعيف ، وعريقات ، كما أن معظم الحزم الرئيسية غير موجودة ولا يصاحبها جميعا نسيج دعامى . ويتكون النسيج المتوسط من طبقة أو ثلاث طبقات غير واضحة المعالم ، خلاياها متباعدة جدا ، وتختفى هذه الخلايا عند الحواف والأطراف ، وعلى ذلك يتكون جزء من البتلة من طبقات البشرة وحدها . والبشرة حلمية ، بها بلاستيدات ملونة أو عصير خلوى ملون ، ولا تحتوى على فغور أو غدد .

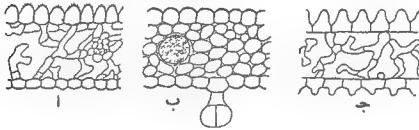


(شكل ١٦٨)

اشكال تخطيطية لتركيب الكريلة تبين اختزال البويضات والتحام واختزال الجهاز الوعائي . ١ - ه
الغزال : ١ ، هليلبوراس فيريديس (١) ، الخردلة النموذجية ، بهاعدة بويضات ومسيرات ثلاثة ،
ب ، ترولياس لأكساس (٢) ، عدد البويضات مختلف ، مسيرات البويضات المقفودة باقية ، ج ،
أكويليجيا كانادانزيس (٣) ، البويضات العليا ومسيراها مقفودة ، د ، هيدرا ستيس كانادانزيس (٤)
جميع البويضات مقفودة فيما عدا البويستين السفليتين واحداهما غير بالفة ، ه ، والدشتينيا
فراجاريديس (٥) جميع البويضات مقفودة فيما عدا واحدة ، ومسير بويضة أخرى موجود .
و - س ، الفقيرات : و - م البويضة القاعدية ، ن ، س بويضة علوية ، كلها لها مسيرات ظهوية
وبطنية متحدة عند القاعدة ، وفي بعضها يصل الالتحام حتى البويضة ، التي تظهر متصلة حينئذ
بالحرمة الظهوية (و ، ز ، ك ، ل ، م) . و ، حشيشة المبارك المائي (جيم ريفال) (٦) ، حيث

Trollius laxus (٢)	Helleborus viridies (١)
Hydrastis canadensis (٤)	Aquilegia canadensis (٣)
Geum rivale (٦)	Waldsteinia fragarioides (٥)

توجد الأجزاء البعيدة من قاعدة كل الحزم ، ن ، دوشيسنيا انديكا^(١)، الحزم الظهرية والبطنية قصرت للفاية ، ح ، الشليك^(٢)، قصرت حزمها الظهرية للفاية ، ط ، أجريونيوتا سترايباتا^(٣) فقدت الحزمة الظهرية بمد اتحادها بالحزم البطنية ، ي ، ماميران صغير (الشقيق فيكاريا)^(٤) الحزم البطنية تنقوس مرة أخرى ، ولا تدخل القلم ، ك ، الشقيق فلامبول^(٥)، قصرت الحزم البطنية للفاية ، ل ، الشقيق كيمبالاريا^(٦) لا تبقى غير آثار من الحزم البطنية ، الحزمة الظهرية قصرت للفاية م ، (الشقيق المائي)^(٧) ، الحزم البطنية فقدت بمد البويضة ، تستمر الحزمة الظهرية بصعوبة بمد البويضة ، ن ، مرق الجيار (بوتيتيلا ريكتا)^(٨) بويضة واحدة باقية ، والبويضات الأخرى أثرية ، الحزم البطنية غير مختزلة ، ص ، بوتيتيلا الكندية^(٩)، بويضة واحدة باقية ، الحزم البطنية بمد البويضة مفقودة . (من شوت ، مع التصرف البسيط)



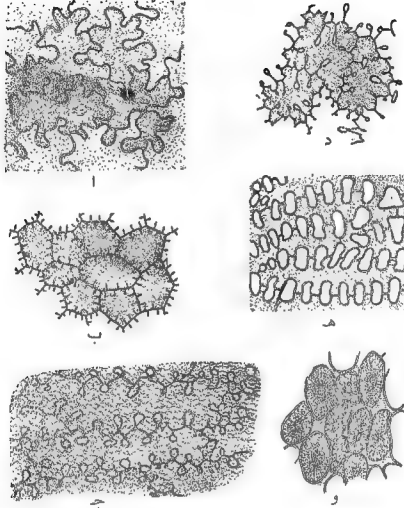
(شكل ١٦٩)

قطاعات مرقية في البتلات . ١ ، أميلانثبير ليفيس^(١٠) ، ب ، ليسيماشيا نيومبولاريا^(١١) بين الشعرة الفدية والفرفة المفرزة ، ج ، حشيشة الدهن (بينجويكتولا فالجاريس)^(١٢)

السداة والكريلة :

تتكون الأسدية والكرابل أساسا من برنشيعة غير متخصصة ، وتستمر المسيرات داخلها لمسافات مختلفة ، وبدرجات تفرع متفاوتة ، كحزم ضعيفة أو قوية ، مركزية الخشب . ولكن مسير أو مسيرات السداة تصل الى المتك غير متفرعة عادة ، وقد تتلاشى في أى مكان من الخيط ، وفي بعض الأسدية

Fragaria vesca (٢)	Duchesnea indica (١)
Ranunculus Ficaria (٤)	Agrimonia striata (٣)
R. cymbalaria (٦)	R. Flammula (٥)
Potentilla recta (٨)	R. aquatilis (٧)
Amelanchier laevis (١٠)	P. canadensis (٩)
Pinguicula vulgaris (١٢)	Lysimachia Nummularia (١١)



(شكل ١٧٠)

بشرة التوبج . ١ ، كالكولاريا (١) ، ب ، المعطر (٢) ، ج ، كلاركيا (٣) ، د ، آنكوزا (٤) ، هـ ، الكتان (٥)
و ، ايريثرينا (٦) (من هيلر)

الغليظة ، كما في أسدية المانوليا (٧) تشاهد فروع جانبية صغيرة للمسيرات . وربما تصل مسيرات الكرابل الى القلم أو تتفرع بدرجات متفاوتة ، ويشبه تفرع بعضها تمرق الأوراق . كما تتفرع الحزم داخل الميسم غالبا . ويختفى التفرغ داخل الكرابل المختزلة ، وتقصّر الحزم الرئيسية لفقدان الأجزاء البعيدة فمثلا

Pelargonium (٧)
Anchusa (٤)
Erythrina (٦)

Calceolaria (١)
Clarkia (٣)
Lilium (٥)
Magnolia (٧)

لا تمتد الحزم البطنية بعد المشيمة وتفشل كل الحزم في دخول القلم . وفي حالات الاختزال الشديد ، كما في الفقيرات الصغيرة ، فقد يختزل الجهاز الموصل ويصبح أكبر قليلا من فضلة قاعدية (شكل ١٦٨ م) كما توجد حزم أثرية بكثرة ، وهي عبارة عن البقايا الضعيفة أو الناقصة من المسيرات أو الحزم ، وتمثل النسيج الموصل لأعضاء فقدت أثناء التحور التطوري . وأكثر الحزم الأثرية وجودا هي مسيرات البتلات ، أو الأسدية ، أو الكرابل المفقودة ، وتمثلها زوائد خارجة من العمود الوعائي للتخت كما تخرج المسيرات الطبيعية ولكنها تنتهي دون هدف في قشرة التخت ، كما تنتهي مسيرات البويضات دون هدف في المشيمة أو حافة الكربة (شكل ١٦٨ ب ، هـ) . وتركيب البشرة نموذجي ، وجدر الخلايا مستقيمة عادة ، أدمتها رقيقة ، وتظهر الثغور على الأسدية عندما تتدد وتصبح شبيهة بالأوراق . وتنتشر الثغور على السطح الخارجي للكرابل وربما ظهرت أيضا في البشرة التي تبطن التجويف المبيضي .

الثمرة

الشكل الخارجي للثمار :

الثمرة عبارة عن مبيض نام ناضج أو عدة مبايض متجمعة تشترك معها الأعضاء الزهرية المجاورة وأجزاء أخرى من النبات . وتنمو الثمرة من الزهرة مباشرة . وهي لذلك مكونة أساسيا من أجزاء الزهرة ومن أجسام أخرى تكون قد نشأت منها . ويتدرج التركيب الخارجي للثمار من النوع البسيط المكون من كربة واحدة كما في القرن^(١) إلى النوع المعقد كما في ثمرة الأناناس ، وهي عبارة عن نورة كاملة بما فيها من مبايض وأجزاء زهرية ، وقنابات ومحور النورة كلها ملتحة في كتلة واحدة غضة .

يمكن الحكم على التركيب الخارجي للثمرة عموما من الثمرة الناضجة وحدها وعلى الأخص إذا أخذت الصفات التشريحية في الاعتبار . وقد يظهر شكل بعض الأعضاء العام على الأقل — كالكرابل ، والتخت ، والسبلات ، والقنابات — كما يظهر النسيج الموصل الرئيسي . ورغم امكان التعرف على هذه الأعضاء ،

Legume (١)

إلا أنها منتفخة متغيرة الشكل عادة . ويلاحظ أن المصطلحات المستعملة في وصف الأجزاء الزهرية ، لا تستعمل هنا وتستبدل بها مصطلحات خاصة ، فجسم الثمرة الناشئ من جدار المبيض والذي يلف البذرة ويحيط بها ، يسمى الغلاف الثمرى . وإذا لم يكن الغلاف الثمرى متجانسا من الناحية النسيجية ، وكان يتميز الى طبقات خارجية وداخلية ووسطى ، تسمى هذه الطبقات الطبقة الخارجية والطبقة الوسطى ، ثم الطبقة الداخلية من الغلاف الثمرى على الترتيب . والغلاف الثمرى متجانس نوعا غير مقسم الى طبقات في كثير من الثمار ، وفي بعضها الآخر لا يتميز الغلاف الا الى طبقة خارجية وأخرى داخلية . ويشير مصطلح « غلاف ثمرى » على وجه التحديد الى جدار المبيض المتحور ، ويستعمل المصطلح في الكلام العام للدلالة على الأنسجة الخارجية للثمار بصرف النظر عن أصلها .

نشأة الثمار :

حيث أن الثمرة تنشأ من الزهرة مباشرة ، فإن نشأتها بتتدىء بتكون الأجزاء الزهرية التي تشترك في تركيبها . ويظهر ذلك جليا في المبيض الذي يتحدد تركيبه الأساسى في الزهرة . وينقسم انقسام خلايا المبيض في بعض الأجناس ، مثل الطماطم ^(١) ، وفاكسينيوم ^(٢) ، عند تفتح الزهرة . وتنمو الثمرة في هذه الحالة نتيجة لازدياد حجم الخلايا الموجودة بالمبيض وتخصصها . ولكن الذي يحدث في معظم الثمار هو أن يتبع فترة الأزهار ، انقسام الخلايا في المبيض وفي أجزاء الثمرة الاضافية . وعملية الاخصاب ثم نمو الجنين لازمتان طبيعيا لكي تبدأ عملية نمو الثمرة . وعلى ذلك تبدأ نشأة الثمرة بعملية الاخصاب .

وتمر الثمار عادة بدورة نمو ثابتة لأى نوع نباتى ، ولكن هذه الدورة مختلفة في الأنواع المختلفة . وتبدأ الدورة بمرحلة مبكرة من انقسام الخلايا ليتكون التركيب الأساسى للثمرة ، تليها فترة نمو الخلايا وتميز الأنسجة حيث يتم خلالها الشكل النهائى للثمرة ، تليها فترة نضج الثمرة . وقد تتداخل هذه المراحل نوعا ، كما أنها مرتبطة عادة بمراحل نمو الأندوسبرم وأغلفة البذرة والجنين .

وقد تختفى عدة أعضاء أو أجزاء من الأعضاء أثناء نشأة الثمار ، فزهرة جوز الهند^(١) مثلا ، تحتوى على مبيض ثلاثى الكربة ، ثلاثى الحجرات تنمو منها كربة واحدة فقط أثناء تكون البندقة الناضجة . وتكون الكرابل التى لا تنمو جزءا من الطبقة الداخلية للغلاف الثمرى .

يحدد شكل الثمرة مكان ومعدل انقسام الخلايا ، ومستوى هذا الانقسام ، وكذلك اتجاه استطالة الخلايا النامية . ويوجد فى بعض الثمار ، كما فى البلح ، نسيج انشائي قاعدى يساعد على تكون ثمرة طويلة . ويرتبط النوع الطويل من بعض الثمار القرعية بقصر انقسام معظم الخلايا الانشائية فى المستوى العمودى على محور الثمرة واستطالة أغلب الخلايا الناشئة فى اتجاه المحور .

تركيب الثمار

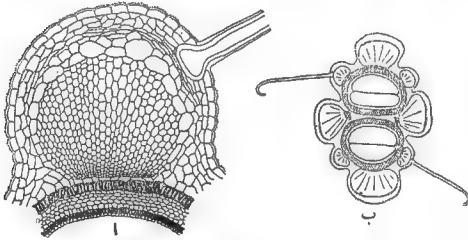
المعوى الوعائى للثمار :

الجهاز الوعائى الرئيسى للثمرة هو نفس الجهاز الموجود بالأجزاء الزهرية التى نشأت منها الثمرة ولكنه يقوى ويمتد كلما نمت الثمرة ، ويزداد قطر الحزم بالنمو الابتدائى أو الثانوى ، أو بكليهما معا ، ويساعد على تمدد الحزم نموها الطرفى الابتدائى وإضافة فروع إليها تمتد خلال الأنسجة النامية . ومع ذلك فالجهاز الوعائى الرئيسى لثمرة ما ، رغم اختلافه بظهور الفروع ، يظل أساسا: مشابها لما هو عليه بالزهرة . فهناك على سبيل المثال ، عشر حزم أساسية بزهرة التفاح ، بالإضافة الى الحزم التى تغذى الكرابل . والحزم الأولى عبارة عن الجهاز الوعائى الموصل للسبلات والبتلات والأسدية . وتظهر هذه الحزم بالثمرة ، فى نفس موضعها بالزهرة نسبيا ، ولكنها أكبر منها بكثير ، هذا بالإضافة الى جهاز متفرع يمتد الى كل الأجزاء اللحمية الخارجية . وتمتد الفروع الصغرى خلال الأنسجة اللحمية كما تمتد الحزم الصغرى بالورقة خلال النسيج المتوسط ويلاحظ أن الفروع النهائية رقيقة للغاية مثل مثيلاتها بالورقة ، وهى مكونة من عناصر قليلة معظمها من خلايا الخشب الأول يصاحبها عدد قليل جدا من

خلايا البرنثيسمة المستطيلة . وهذه الخزم الدقيقة أكثر عدداً بالغلاف الثمرى للشار الغضة عنها بالغلاف الثمرى للشار الجافة .

بشرة الثمار :

تشبه خلايا البشرة على سطحى الكربلة الداخلى والخارجى خلايا البشرة بالسوق والأوراق من حيث الشكل ، وتركيب الجدار ، ووجود الأدمة والشعور . والبشرة الداخلية أكثر رقة من الخارجية ، ولها أدمة رقيقة عادة وربما وجدت بها ثغور . وأغلب خلايا البشرة متساوية الأقطار ، مضلعة ، كما فى الفصيلتين الوردية والزنبقية . والخلايا متعرجة ، مفصصة متداخلة فى الفصيلة الشقيقية ، والفصيلة الشحمية وبعض الفصائل الأخرى ، كبشرة كثير من البتلات وبعض الأوراق . وتكون الخلايا مضلعة ، صغيرة جداً ، جذرها رقيقة نوعاً فى الثمار اللبية وبعض الثمار الحسلية ، وربما فى غيرها من الثمار الغضة كما فى روبس^(١) والعنب . وتكون خلايا البشرة فى كثير من الثمار الأخرى غليظة الجدران غليظة الأدمة ، وقد تحتوى على التانين فى أطوار النمو المبكر . ويختلف عدد الشعور فى بشرة الثمار ، فقد يكون كبيراً ، كما فى الكمثرى ، وقد تنعدم ، كما فى العنب وفاكسنسيوم^(٢) .



(شكل ١٧١)

عمرة مرسيا لانيغوليا^(١) الجافة . ١ ، تفاصيل جزء من القطاع العرضى فى الثمرة بأكملها ، مبينا الغلاف الثمرى بطبقاته المختلفة ، والحافة المكونة من نسيج فلبى ثانوى والشعيرات الكبيرة الصلبة .

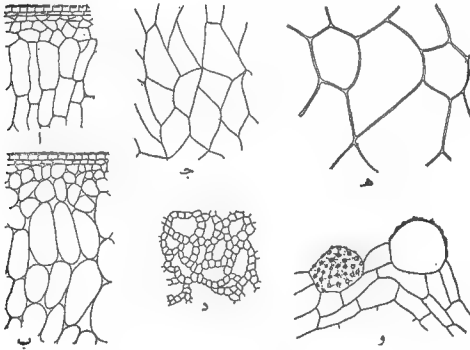
Vaccinium (٢)

Rubus (١)

Circaea latifolia (٣)

انسجة الفلين بالثمار :

تتكون طبقة من الأنسجة الفلينية في البشرة أو تحتها مباشرة ، بقليل من الثمار من نوع التفاحية كالتفاح الحامض والكمثرى وأكراس^(١) وكالوكاريم^(٢) وتظهر على سطح الثمرة الناضجة كطبقة خشنة بنية اللون . ويظهر النسيج الفليني محدودا على شكل عديسات في التفاح والكمثرى فيكون نقطا على سطح الثمرة . ويكثر وجود الحواف الفلينية والعقد—وهي أنسجة قلينية محدودة—على سطح الثمار الجافة كما في ميرسيا^(٣) (شكل ١٧١) .



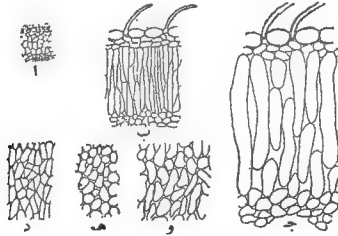
(شكل ١٧٢)

الفلاف الثمري اللحمي ، 1 ، ب ، نضج الفلاف الثمري الخارجى لثمرة القرامصيا^(٤) (صنف مولتي موريسى) ، ج ، الفلاف الثمري اللحمي الناضج لثمرة القرامصيا (صنف موريللو)^(٥) ، د ، الفلاف الثمري اللحمي « الجاف » لثمرة المتاب^(٦) ، هـ ، الفلاف الثمري اللحمي لثمرة البطيخ^(٧) ، و ، الفلاف الثمري الخارجى ويشرة ثمرة فليركيا^(٨) ، وتظهر بعض خلايا البشرة وبها نفطلات مركبة ظاهرة

Calocarpum (٢)	Achras (١)
Prunus Cerasus (var. Montmorency) (٤)	Circaea (٣)
Zizyphus-“jujube” (٦)	P. Cerasus (var. Morello) (٥)
Floerkia (٨)	Citrullus (٧)

الثمار اللحمية (الطرية) :

يتكون جزء كبير من الثمار اللحمية من برنثسية طرية ، في حين تتكون الثمار الجافة من كميات مختلفة من خلايا اسكلرنشيمية وبرنثسية غير طرية ، وقد يكون كل الغلاف الثمرى بالثمار اللحمية طريا (وهو هنا عبارة عن الأنسجة المغلفة لفجوات البذور بصرف النظر عن طبيعة تركيبها) ، أو تكون الطبقات الخارجية منه طرية والداخلية جافة حجرية . وقد تكون الطبقة اللحمية متجانسة ، كما في التفاح ، والخوخ ، والكرز (شكل ١٧٣ أ ، ب) ، أو يتكون الغلاف الثمرى من خليط من البرنثسية الطرية والخلايا الحجرية بنسب متفاوتة ، كما في الكمثرى ، والسفرجل ، والجوز . وتتكون الأنسجة اللحمية عادة من خلايا برنثسية رقيقة الجدران ، منتفخة بعض الشيء بالسوائل ، وتحتوى بعض الخلايا على التانين كما في ديوسبيروس^(١) ، أو تحتوى على البلورات الأبرية ، كما في بعض أنواع العنب . وتوجد في بعض الثمار خلايا تحتوى على المخاط كما في قشرة الموز . وتتميز قشرة الموالح بوجود غدد افتراضية كما يكثر وجود قنوات اللبن النباتي في ثمرة البابا^(٢) .



(شكل ١٧٣)

الغلاف الثمرى اللحمى . ١ أ ، ب ، ج ، مراحل متتالية في نمو الطبقة الخارجية من الغلاف الثمرى لثمرة روبس ستريجيوس^(٣) : ١ أ ، الثمرة الخضراء عقب الاخصاب مباشرة ، ب ، ثمرة نصف ناضجة ، ج ، ثمرة ناضجة ، جميع القطاعات مارة بالمركز متساوية الحجم . د ، هـ ، و ، التخت اللحمى لثمرة الشليك^(٤) . د ، ثمرة نصف ناضجة ، قطاع مار بالمركز ، هـ ، و ، ثمرة ناضجة ، القطاع الاول مماسي والثانى مار بالمركز

Carica (٢)
Fragaria (٤)

Diospyros (١)
Rubus strigosus (٣)

وتوجد مجموعات من الخلايا الحجرية بكثرة في الطبقات اللحمية ، تعطى اللحم ملمسا خشنا أو رمليا . وتخرج من مركز هذه المجموعات ، خلايا برنشيمية مستطيلة ، في جميع الاتجاهات ، كما في بيراس سيروتينا^(١) وقد تكون الخلايا الحجرية متساوية الأقطار أو غير منتظمة الشكل .

ويختلف تركيب لب ثمار الموالح عن معظم الثمار ، فيتكون من عدة زوائد عديدة الخلايا نامية من الطبقات الداخلية السطحية للكرابل . وتنتفخ خلايا هذه الزوائد بالسائل كما تملأ الزوائد تجاويف الكراابل .

والغلاف الثمرى اللحمي اما متجانس تماما أو يحتوى على أكثر من نوع من الخلايا . وهناك عادة عدة طبقات محدودة نوعا ، وفي بعض الثمار اللبية تتحدد البشرتان الخارجية والداخلية والطبقات اللحمية فقط ، كما في ثمار الفصيلة الباذنجانية (الطماطم والكرز الأرضي) . ويكثر وجود نسيج تحت البشرة أسفل البشرة الخارجية ، وهو مكون من عدة طبقات من الخلايا . وخلايا هذا النسيج برنشيمية بسيطة ، كما في روبس^(٢) (شكل ١٧٣ ب) ، أو كولنشيمية ، كما في القراصيا^(٣) وبيرسيا^(٤) أو خلايا حجرية ، كما في الكمثرى^(٥) ، أو خليط من الأنواع السابق ذكرها . وهناك اختلاف كبير في حجم وشكل الخلايا في الطبقات المختلفة وخلايا البشرة وتحت البشرة صغيرة عادة اذا قورنت بخلايا الطبقة اللحمية الوسطى .

وتشمل عملية نضج الثمار اللحمية تغيرات في التركيب الكيميائي والعام ومن الناحية الكيميائية ، يتحول النشا المخزن الى سكر ، أو الى دهن في بعض الأنواع ، وتختزل كمية التانين أو تختفى ، كما تختزل كمية الأحماض عادة وتتكون استرات متنوعة . ومن الناحية النسيجية ، قد يشمل النضج زيادة حجم الخلايا وتغير شكلها فتصبح منتفخة بالسائل ، وتزداد الجدر رقة ، كما تنفصل الخلايا بعضها عن بعض بدرجات متفاوتة . وأحيانا يتم انفصال الخلايا بعضها عن بعض وما زالت الثمرة فجوة (شكل ١٧٣ د ، هـ) مما يؤدي الى زيادة المسافات البينية . وتكون هذه المسافات البينية حوالى ٢٥٪ من حجم ثمرة التفاح عند

Rubus (٢)

Persea (٤)

Pyrus serotina (١)

Prunus cerasus (٣)

Pysus communis (٥)

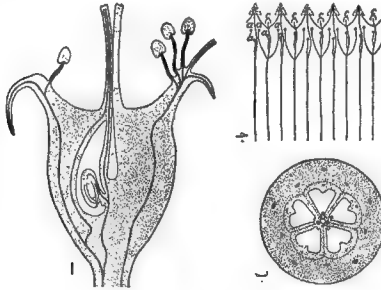
اكتمال نضجها . ومما يساعد على انفصال الخلايا ، ذوبان الصفيحة الوسطى وجذر الطبقات الخارجية (التي تكون غليظة للغاية في بعض النباتات كما في كراتيغس^(١)) ويقال ان السائل الذي يلا خلايا اللحم ينتج من تكون مزيد من المواد الذائبة ، والأمحاض العضوية ، ومن تحلل مواد مختلفة مثل النشا ، وحامض البكتيك والمواد السيلوزية ، أو التي تنتج أثناء نضجها ، حتى لو كانت الثمرة تامة النضج . وقد توجد كمية قليلة من السائل ، توجد حرة بين الخلايا ، نتيجة لذوبان الصفيحة الوسطى ، ولكن السائل الحر الذي يظهر على فتحة الثمار اللينة هو في الغالب سائل يبنى يخرج نتيجة لتمزق الجدر الرقيقة للخلايا المنتفخة . ويمكنني لتحطم هذه الخلايا قليل جدا من الضغط ، أو أحيانا تغير الضغط بالأنسجة الناتج من تمزق البشرة .

ويمكن تصنيف الثمار الى مجموعتين على أساس معدل الزيادة في الحجم بالطوار النهائية للنضج ، فيكون النمو سريعا في مجموعة منها عند نهاية النمو حيث الزيادة كبيرة في أيام قليلة ، وربما في ساعات أحيانا ، وتشمل هذه المجموعة الكرز وتوت العليق^(٢) وينتج النمو السريع غالبا من زيادة حجم الخلايا في الاتجاه القطرى وتكون مسافات بينية بين الخلايا المنفصلة ، وتستطيل الخلايا المتساوية الأقطار في الاتجاه المماسى بالثمرة النامية عادة ، وعند نضج الثمرة ، تعود نفس الخلايا متساوية الأقطار مرة أخرى ، وأحيانا تستطيل بسرعة في النهاية بالنمو السريع جدا كما في معظم الثمار (شكل ١٧٣ أ ، ب ، ج) .

وتصل الثمار بالمجموعة الأخرى ، الى الحجم النهائي قبل نضجها وربما انكسبت قليلا بسبب فقدائها الماء أثناء عملية النضج . وهذا ما يحدث في التفاح والكمثرى والبرقوق وكثير غيرها من الثمار التي تعتبر ناضجة عند جمها ولكنها تحتاج الى أيام أو أشهر قبل نضجها من حيث صلاحيتها للأكل . وفي خلال الفترة بين النضج والصلاحية للأكل تحدث تغيرات في الصفيحة الوسطى وفي الجدار الخلوى ينتج عنها انفصال الخلايا بسهولة . وتعتمد صناعة الفاكهة على الخبرة أثناء جمع الثمار عندما تكون ناضجة ولكنها ما زالت متماسكة ، ونقلها الى الأسواق قبل أن تنضج وتصبح طرية .

وتؤدي عملية النضج الى تهرؤ الثمار وتفتتها ، فتتفصل الخلايا عن بعضها البعض ، في التفاح والكمثرى ، وتصبح الثمرة لينة أو تشبه المسلوقة . وتفتت الجدر الخلوية في بعض الثمار الطرية وتخرج عصيرها . ويتبع الأطوار المبكرة لتهرؤ معظم الثمار تعفن فطري أو بكتيرى يتلف الثمرة .

يرتبط الاختلاف في ملمس الثمار اللحمية بتركيبها . وعلى ذلك يعتمد ملمس التفاح على اتفافخ الخلايا المتماسكة نوعا ما . والخلايا الكبيرة في الخوخ والأنواع المتنازة من الكمثرى ، رقيقة الجدران ، تتكسر بسهولة وتخرج محتوياتها ، فتعطي الثمرة لحما طريا وكمية وافرة من العصير . وتتهرأ خلايا اللحم في بعض الثمار الزيتية أو الكرمية القوام ، عندما تصبح الثمرة صالحة للأكل ، وكما في الباباو (أسيمينيا ^(١)) والكاكى (ديوسبيروس ^(٢)) والملمس الحبيبي الذي يميز بعض أنواع الكمثرى ناتج من مجموعات من الخلايا الحجرية تحت البشرة أو مبعثرة في اللب . كما يؤدي وجود كتل من الاسكلرنشيمية



(شكل ١٧٤)

الجهاز الوماني لزهرة مالمس بيوميل (٣) ، ١ ، قطاع طولى ، ب ، قطاع عرضى في الوسط ، ج ، الجهاز الوماني ، نافصا الحوم الكربلية ، منتشر في مستوى واحد - a, b, c ، حرم السبلات والبيلات والاسدية على الترتيب (ج ، من كراوس ووالستون)

Diospyros (٢)

Asimina (١)

Malus pumila (٣)

في الطبقات الخارجية الى ثمرة ذات قشرة صلبة كما في أنواع القرع ^(١) . ويؤدى وجود الأدمة الغليظة مع الكولنشيمة الى خشونة الطبقات الخارجية لبعض أنواع ثمار الزبدية ^(٢) . وملمس اللحم خشن نوعا ما وفوامه جاف ، في بعض الثمار مثل جولثيريا ^(٣) والنبق ^(٤) وذلك لوجود كثير من الغرف الهوائية باللحم وكمية قليلة قليلة من المحتوى المائى (شكل ١٧٢ د) .

الطبقة الحجرية في الثمار :

تحيط الطبقات اللحمية الخارجية بطبقة صلبة أو حجرية ، في كثير من الثمار وخصوصا الحسلية . وتكون الطبقات اللحمية والحجرية جدار المبيض أو الغلاف الثمرى في الثمار الحسلية البسيطة مثل البرقوق والكريز . وتشترك أعضاء زهرية أخرى غير المبيض في تكوين الغلاف الثمرى للثمار الأخرى . وتنشأ الطبقة الحجرية من الكرابل ، حيث أنها تلى تجاوىف البذور عادة ، في معظم الثمار الحسلية . وتتكون الطبقة الصلبة من الخلايا الحجرية والألياف عادة ، ولكنها قد تكون غضروفية ، كما في التفاح والكمثرى ، أو خشنة جلدية كما في المانجو . وقد يكون السطح الخارجى لهذه الطبقة ناعما ، كما في أنواع المشمش ، أو تمتد منها شعب من النسيج الصلب داخل اللب الطرى كما في برقوق أسبانيا (سبوندياس) ^(٥) ، أو تخرج منها زوائد تشبه الشعر الحشن كما في المانجو ^(٦) .

وتنمو الطبقة الحجرية أثناء الأطوار المبكرة لنمو الثمرة ، وتصل الى حجمها النهائى عادة وتصبح ملحنة قبل أن يبدأ الجنين غوه السريع . ويتأخر نمو الجنين أسابيع حتى يكتمل نمو الطبقات الحجرية في ثمار الجوز ^(٧) والبابايط ^(٨) والقراصيا ^(٩) . وواضح أنه لا يمكن أن يتغير حجم هذا الجزء من الثمرة بعد تلجن هذا النسيج . وتتكون الطبقة الحجرية عامة من بشرة داخلية للغلاف الثمرى والغلاف الثمرى الداخلى . وتتميز هذه الطبقة عادة الى طبقتين أو أكثر من الاسكلرنشيمة التى تختلف عن بعضها البعض في شكل الخلايا وترتيبها . فخلايا

Persea (٢)	Cucurbita (١)
Zizyphus (٤)	Gaultheria (٣)
Mangifear (٦)	Spondias (٥)
Carya (٨)	Juglans (٧)
	Prunus (٩)

الطبقة الداخلية التى تلى أغلفة البذور فى القراصيا مستطيلة عموديا على محور الثمرة أما خلايا الطبقة الخارجية فمستطيلة موازية للمحور . ويظهر أن هناك اختلافا واضحا فى نوع وترتيب الخلايا وعدد طبقات الغلاف الثمرى الداخلى الحجرى بالأنواع المختلفة .

الثمار الجافة :

تشابه الثمار الجافة والثمار اللحمية فى التركيب الرئيسى أثناء الأطوار المبكرة من النمو ، وذلك لأن أنسجتها الانشائية تتكون من برنشيمية طرية . ونظام التركيب واحد فى كلا النوعين وخصوصا الجهاز الوعائى . وتشبه ثمار اللوز أساسا ثمار الخوخ خلال جميع الأطوار المبكرة من نموها ، والخلاف أثناء فترة النضج الأخيرة حيث تصبح الطبقة الخارجية للغلاف الثمرى جافة فى اللوز فى حين أنها لحمية فى الخوخ كما تنشق بطول التدريز لتساعد على خروج البندقة وهى عبارة عن الطبقة الداخلية الحجرية من الغلاف الثمرى والبذور التى بداخله . ويقع الخلاف الرئيسى بين هذه الثمار فى التغيرات التى تظهر أثناء الأطوار المتأخرة من نيمز الخلايا وخصوصا أثناء الفترة النهائية لنضج الثمرة .

وتتضح نسبة عالية من الخلايا بالثمار الجافة ، وتحول الى اسكلرنشيمية متعددة الأنواع . وتفقد الخلايا البرنشيمية بروتوبلازمها أثناء عملية النضج ، وتصبح جافة ، كما تلجن جدرها عادة أو تتصوير .

والطبقات الثلاث المميزة للغلاف الثمرى أكثر ظهورا فى الثمار الجافة . فيكثر وجود الاسكلرنشيمية والبروزنشيمية الجافة عنه بالثمار اللحمية . والبروزنشيمية وتختلف هذه الطبقات الثلاث فى تركيبها وامتدادها فى الثمار المختلفة فقد تكون اسكلرنشيمية أو برنشيمية ، كما تختلف نضجتها من طبقة واحدة الى عدة طبقات وقد تكون الخلايا البرنشيمية متلاصقة تماما ، أو متباعدة بينها مسافات بينية واضحة . وتتكون الخلايا الاسكلرنشيمية من ألياف مختلفة الأنواع وخلايا حجرية . والطبقة الخارجية من الغلاف الثمرى فى غاية التعقيد غالبا ، فتتكون من طبقات متتالية من أنواع مختلفة من الاسكلرنشيمية ، كما توجد معها أحيانا طبقات من البرنشيمية مختلفة الأشكال والأنواع والترتيب . وواضح أن مثل هذا التركيب دعامة قوية للغاية . ويوجد فى كثير من الثمار نوع من الغلاف الثمرى،

يتكون أساسا من أربع طبقات ، كما في فقرات الفصيلة المركبة ، حيث تتكون الطبقة الوسطى من جزئين .

وتتقلص البرنثسية الرقيقة الجدران ، بدرجات متفاوتة ، أثناء جفاف الثمرة الناضجة . وإذا كانت الثمرة علبة محكمة رقيقة الجدران ، كما في الفصيلة الترنفلية ، تكونت غالبية الغلاف الثمرى من خلايا برنثسية ، متينة الجدران ، محكمة الترتيب حتى لا تتقلص عند جفافها .

وتحتوى الثمار الجافة على أنواع مختلفة من « الأجزاء الاضافية » ، مثل الحواف الفلينية ، والأشواك ، والخطاطيف ، والشعيرات ، وأنواع مختلفة من « الزركشة » . وتكون شعيرات البشرة الداخلية لثمرة سيبا^(١) أو القطن الحريرى^(٢) المتداول في التجارة ، كما يتركب جزء الغلاف الثمرى الذى يكون الجناح في الثمار المجنحة مثل ثمار آسر^(٣) وأيلانثاس^(٤) من جسم خفيف صلد . والخلايا الدعامية في هذه الثمار مكونة أساسا من الحزم الوعائية وأغلقتها الليفية ، والنسيج بين هذه الحزم مفكك عادة ، وبه مسافات يينية .

المشيمة :

تكون المشيمة المنتفخة في كثير من الثمار ، خصوصا للحمية ، تكون جزءا لا بأس به ، وأحيانا جزءا كبيرا ، من الثمرة كما في الطماطم والبطيخ . كما تكون المشيمة كبيرة لحمية تشبه اللبنة ، في بعض الثمار الجافة ، كما في الثمرة العلبية لزهرة مايو^(٥) . (المشيمة ، بالطبع ، جزء من الكريلة ولا تعتبر جزءا من الغلاف الثمرى عادة) . وتتكون المشيمات للحمية من كتل من البرنثسية الطرية ، الرقيقة الجدران ومن الحزم الوعائية . والخلايا البرنثسية كبيرة ، يمكن رؤيتها أحيانا بالعين المجردة كما في البطيخ (شكه ١٧٢ هـ) .

الأجزاء الثانوية بالثمرة :

للثمرة للحمية ، التى تحتوى على أجزاء ثانوية بخلاف الكريلة ، نفس التركيب النسيجي العام مثل الثمرة البسيطة للحمية . وتختلف الأجسام الثانوية

Bombax - Kapok (١)

Ailanthus (٤)

Ceiba (١)

Acer (٢)

Epigaea (٥)

ولكن بعض الأجزاء الزهرية تصاحبها عادة . وتلتصق «أنبوبة الكأس» بالكرابل وتكون جزءا من الشرة ، في كثير من الثمار ، مثل الكمثرى وفاكسينيوم^(١) وثمار الفصيلة القرعية التي تنمو من مبيض سفلى . (تتكون « أنبوبة الكأس » من الناحية الشكلية من القواعد الملتحمة للكأس والتويج ، والأسدية) . ويكون التخت اللحمي ، جزءا كبيرا من بعض الثمار كما في التوت الشوكي^(٢) والشليك^(٣) . ويقال ان جزءا كبيرا من لب الشليك ينمو من نسيج انشائي قشري شبيه بالكميوم الفلينى . وتوجد الأسطوانة الوعائية والنخاع المتسع داخل اللب . كما يكون التخت جزءا لا بأس به من الشرة المركبة التي تنشأ من نورة كاملة ، كما في الأناناس^(٤) ، وثمره شجرة الخبز (أرتوكارباس)^(٥) والتوت^(٦) ، ويصبح التخت لحما ، مع فصوص الكأس الملتحمة ، وكذلك القنابات التي تحمل الأزهار . وثمره التين أو الجميز^(٧) عبارة عن نورة تلتحم فيها الحوامل الزهرية حول فجوة مركزية ، ويتكون غالبية لحم الشرة من الأنسجة القشرية للحوامل الزهرية .

تفتح الثمار :

تختلف الطريقة والمكان الذي تفتح منه الثمار الجافة ، ولكنها ثابتة ومميزة لكل نوع . ويبدو أنه لا يوجد جسم نسيجي خاص مرتبط بتفتح الشرة في كثير من النباتات . ويتم تفتح الشرة على طول التدريز ، وهى خطوط تمثل نقط ضعف بالثمره . وخطوط التفتح عبارة عن حواف اتصال الكرابل عادة ، حيث الالتحام غير تام . كما يتكون خط فاصل ، في النباتات الأخرى ، نتيجة لنمو صفوف من خلايا خاصة ضعيفة التماسك مع بعضها البعض . ويتم الانفصال بين هذه الصفوف فيما بعد ، بتمزق الأنسجة وانفصالها عن بعضها البعض أثناء تغير الضغط الناتج من الجفاف . ويصاحب نمو وتخصص هذه «الخلايا الفاتحة» نمو وتخصص الخلايا الأخرى بالثمره ، بعكس ما يحدث أثناء تكون الطبقات الفاصلة في الأوراق والسوق ، والتي تتبع نمو وتخصص الخلايا العادية بعد

Blackberry (٢)

Ananas (٤)

Morus (٦)

Vaccinium (١)

Strawberry (٣)

Artocarpus (٥)

Ficus (٧)

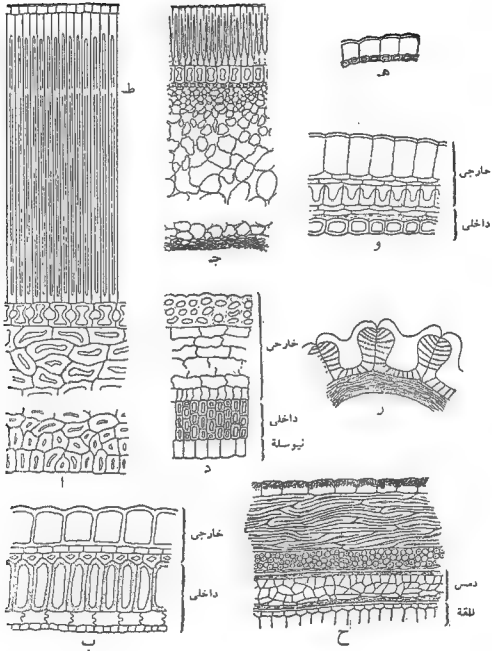
فترة طويلة . ويظهر أن التفتح غير ناتج من انفصال خلايا فردية عادية ، كما في عملية الانفصال ، أو كما في تفتت الأنسجة . ويبدو أن الصفائح الوسطى التى على طول خطوط التدريز المتكونة من قبل ، تذوب فى بعض الثمار نصف اللحمية المتفتحة ، كما فى ثمار الباذنجان . وتنتفخ الثمرة على طول هذه الخطوط أثناء جفافها . وربما أدت القوى التى تنشأ من النمو غير المتكافئ ، أو من الجفاف ، الى تمزق فجائى ، وربما أدت الى انفجار الثمرة أحيانا على طول خطوطها الضعيفة .

البذرة

البذرة عبارة عن البويضة النامية الناضجة وجنينها الموجود بداخلها . وتتكون البويضة قبل عملية الاخصاب من الكيس الجنينى والنويصلة وغلاف أو غلافين للبويضة . وهى بسيطة من الناحية النسيجية مكونة من برنشيمية ، فيما عدا بعض الحالات ، حيث يوجد قليل من خلايا الكيمبيوم الأولى ، أو الخلايا الوعائية . وينمو الأندوسبرم بعد الاخصاب ، ثم ينمو الجنين بعد ذلك بسرعة داخل البويضة النامية ، كما تنمو أغلفة البويضة وتنعقد أنسجتها . وقد يستمر بقاء النويصلة فتنمو فى الحجم وتصبح جزءا هاما من البذرة ، كما فى البنجر ، ولكنها تفشل عادة فى النمو ، وسرعان ما تتلاشى بنمو أنسجة أخرى مكانها . ويكون الأندوسبرم فى كثير من النباتات جزءا لا بأس به من البذرة الناضجة ، ولكنه غالبا ما يمتص جزئيا أو كليا بواسطة الجنين النامى . (كثير من البذور التى توصف بأنها لا اندوسبرمية بها كميات ضئيلة من الأندوسبرم) . والتركيب النسيجي لكل من الأندوسبرم والجنين بسيط مثل ما فى البويضة ، ولكن التركيب النسيجي لأغلفة البذرة معقد .

أغلفة البذرة (الشكل الخارجى) :

يوجد للبذرة غلاف بويضة واحد أو غلافان ، فى المجموعات المختلفة من النباتات البذرية . ومعظم ملتحمة البتلات وعديدة البتلات وبعض عديدة البتلات من ذوات الفلقتين ، تحتوى بذرتها على غلاف بويضة واحد ، وكذلك الحال



(شكل ١٧٥)

اهلفة الباردة ١ ، جيمنوكلا داس داويوكا^(١) (ويظهر خمس الطبقة الحجرية الداخلية فقط) ، ب ،
البانسية^(٢) ، ج ، فاصوليا متمددة الزهور^(٣) (يظهر تلك الطبقة الطرية الداخلية فقط) ، د ،

Viola tricolor (٢)

Gymnocladus dioica (١)

Phaseolus multiflorus (٣)

مانوليا كبيرة الاوراق (١)، يظهر جزء من الطبقة اللحمية فقط ه ، اذان الكبش (٢)، و ، حب الرشاد (٣)، ز ، فاكسينيوم كوريمبوزام (٤)، خلايا البشرة كبيرة جدا ، جندرها الداخلية غليظة ، والخارجية رقيقة ، ح ، مالس بيوميل (٥)، ف ، الفلقة ، ا ، اندوسبيرم ، د ، غلاف البويضة الداخلى خ ض ، «خط خولى» ، ن ، نويصلة ، خ ، غلاف البويضة الخارجى . (ب ، د ، ه ، و ، عن برانزا،

فى جزء من ذوات الفلقة الواحدة . وفيما عدا ذلك من كاسيات البذور ، تحتوى البذرة على غلافى بويضة ، وأحيانا يدخل كل غلاف البويضة أو كل أغلفتها فى تركيب البذرة (شكل ١٧٥ ب) ، ولكن غلاف البذرة ينمو من جزء من أغلفة البويضة فى معظم البذور ، وتمتص البذرة الأجزاء الأخرى أثناء نموها . وإذا حدث هذا الامتصاص ، تختفى الطبقات الداخلية أو أحيانا الطبقات الوسطى من غلاف البويضة . وسواء نمت أغلفة البويضة كوحدة كاملة ، أو جزئيا ، فقد تشترك النويصلة فى أغلفة البذرة ، ولا يمكن تمييزها الا بصعوبة من الطبقات الداخلية المجاورة لغلاف البويضة (شكل ١٧٥ د) . ومع ذلك ، ففى معظم البذور ، على الأرجح ، تمتص النويصلة كلية ، ولا تظهر بالبذرة . ويستمر اختزال الأنسجة الغلافية الى أبعد الحدود فى بعض البذور ، خصوصا فى الثمار غير المتفتحة ، حيث تبقى الطبقتان أو الثلاث طبقات الخارجية فقط — وأحيانا لا يتبقى سوى البشرة الخارجية — من الغلاف الخارجى للبويضة بالبذرة الناضجة ، كما فى الفصيلة الخيمية . ويبلغ الاختزال أقصاه فى بعض أفراد الفصيلة المركبة حيث تختفى كل أغلفة البويضة بالفقيرة الناضجة فيما عدا طبقة رقيقة من نسيج غير منتظم ممزق (شكل ١٧٧ ب) ، وكذلك تختفى الطبقات الداخلية للغلاف الثمرى فتظهر الفقيرة وبها أنسجة البذور وأنسجة الثمرة ملتصحة بعضها ببعض التحاما وثيقا ولا يمكن فصلهما عن بعضهما . كما تمتص أغلفة البويضة كلية فى بذور بعض ذوات الفلقة كما فى الذرة .

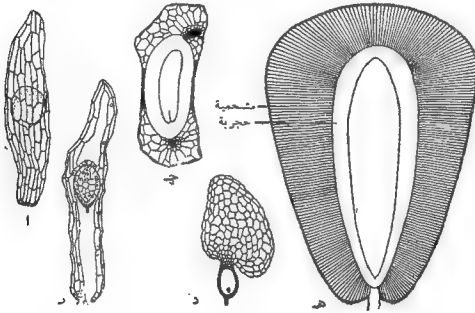
وتظهر حالات متباينة بالبذرة عندما يكون للبويضة غلافان . فقد يوجد الغلافان بأغلفة البذرة — الداخلى ، ممثلا بكل طبقاته الخلوية ، والخارجى بكل طبقاته أو الطبقتين أو الطبقات الثلاث الخارجية منه . ويكون غلاف

Plantago lanceolata (٢)
Vaccinium corymbosum (٤)

Magnolia macrophylla (١)
Lepidium sativum (٣)
Malus pumila (٥)

البويضة الداخلي ، في هذه البذور ، الجزء الهام من غلاف البذرة ، ويكون جزؤه الخارجى الطبقة الواقية (شكل ١٧٥ ب) - وتوجد هذه الحالة في الفصائل الخبازية والرزفونية والبنفسجية والهيريكية^(١) وغيرها من الفصائل .

وأىضا ، عندما يوجد غلافا البويضة في البذرة ، ينمو الخارجى نموا ظاهرا ، وتظهر به طبقات واقية ، ولا يظهر على الغلاف الداخلى تخصص واضح رغم تعدد طبقاته (شكل ١٧٥ و) . ويوجد هذا التركيب بأغلفة بذرة الفصيلة



(شكل ١٧٦)

انواع البذور ١ ، ب ، سايريبيديام باريفلورام^(٢) ، ١ ، تبين البذرة غلافها الشفاف محيطا بالجنين (المنقط) الملق في كيس هوائى ب ، قطاع طولى في البذرة مبينا غلاف البذرة مكونا من الحبل السرى وغلاف البويضة الخارجى ، وغلاف البويضة الداخلى متمكشا ومكونا غلافا يحيط بالجنين ، كما يظهر الجنين الملق كتلة من الخلايا غير مميزة . ج كليثرا اندرومديا^(٣) ، قطاع طولى مبينا الجنين اكثر تميزا عنه في ب ، وغلاف البويضة ثخانتة هذة صفوف من الخلايا ولكنه غير متميز الى طبقات ، د ، يتروسبورا اندرومديا^(٤) تبين البذرة الجناح مكونا من غلاف البويضة ، ه ، الرمان^(٥) تبين البذرة غلاف البويضة الخارجى مكونا من طبقة حجرية وطبقة البشرة اللحمية مكونة من خلايا طويلة للغاية ، غلاف البويضة الداخلى شفاف وغير ظاهر بالشكل . (١ ، ب ، ج ، د ، ه ، من كارلسون ، ج ، د من نيوتليستكى ، ج ، ه ، من بيلتريسوت ، د ، ه ، من بيبون ، ه ، من تونج)

Cypripedium parviflorum (٧)

Pterospora andromedea (٤)

Hypericaceae (١)

Clethra alnifolia (٣)

Punica granatum (٥)

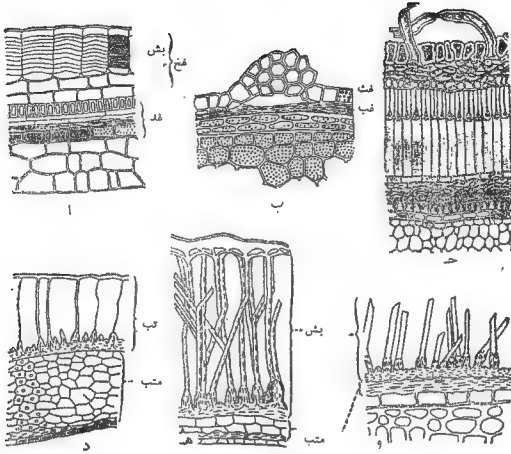
الصليبية ، والبربريدية ^(١) ، والحشخاشية ^(٢) ، وبعض أنواع خاصة من الزنبق ، والسوسن ، ويكون غلاف البويضة طبقات ملجننة واقية في الفصائل الأوناجرية ^(٣) والليثيرية ^(٤) ، والأريستولوخية ^(٥) وفصائل أخرى . كما تشترك الطبقات الخارجية على الأقل مع النويصلة في أغلفة البذرة . كما يصبح غلاف البويضة الداخلي ، غلاف البذرة الواقى مع جزء متصل به من النويصلة ، في الفصيلة المانولية ^(٦) ، كما يصبح غلاف البويضة الخارجى لحماية عادة (شكل ١٧٥ د) . ويظهر الامتصاص الكلى لغلاف البويضة الداخلى النويصلة في الفصائل الشقيقة والقرنية وأنواع خاصة من الزنبق وأماريليس ^(٧) .

ويندر أن يصبح غلاف البويضة كله غلافاً للبذرة في البويضات ذوات الغلاف الواحد . لأن جزءاً كبيراً أو صغيراً ، داخلياً أو سطوياً ، يمتص عادة ، كما تكون الطبقات الخارجية غلاف البذرة بالاشتراك مع البشرة الداخلية ، كما في الفصائل البوليمونية ^(٨) ، ولسان الحمل ^(٩) (شكل ١٧٥ هـ) ، والبلسينية ^(١٠) وغيرها من الفصائل . ويظهر أن الاختلاف والعموض في التركيب الخارجى لأغلفة البذرة شديداً لدرجة أنه لا يمكن التعرف عليه إلا بدراسة النشأة التركيبية .

التركيب النسيجي :

تظهر أغلفة البذرة اختلافاً تركيبياً في النسيجي ، غير مرتبط بتاتا بتركيبها الخارجى . فلا توجد أغلفة البذرة في بعض الثمار غير المتفتحة الجافة ، ويحاط الجنين بأنسجة مبضية . وبذور السحليات ^(١١) متناهية البساطة حيث يوجد جنين يكاد يكون غير مميز ، مغلف بغلاف رقيق شفاف مكون من خلايا رقيقة الجدران (شكل ١٧٦ أ ، ب) . وهناك أنواع خاصة من البذور أغلفتها معقدة للغاية : كما في البذور الشديدة الصلادة ، والبذور ذوات الأغلفة المتركبة (شكل ١٧٨ أ — هـ) ، والبذور ذوات الأغلفة اللحمية (شكل ١٧٥ د ، ١٧٧ د) .

Papaveraceae (٢)	Berberidaceae (١)
Lythraceae (٤)	Onagraceae (٣)
Magnoliaceae (٦)	Aristolochiaceae (٥)
Polemoniaceae (٨)	Amaryllis (٧)
Balsaminaceae (١٠)	Plantaginaceae (٩)
	Orchids (١١)



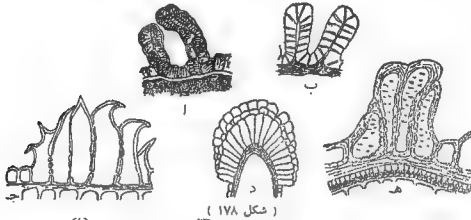
(شكل ١٧٧)

نطامات عرضية في أغلفة البذرة . ١ ، الكتان (١) مبينا طبقات مرسوسة من المخاط في خلايا البشرة (بش) ، غلاف البويضة الخارجى (غش) وغلافها الداخلى (غد) ، ب ، الخس (٢) مبينا غلاف الثمرة (جدار البيض) (غش) ، وغلاف البذرة مهراً غير منتظم (غب) ، ج ، القطن (٣) مبينا شعيرات البشرة (« الياف » القطن) . د - و ، الطماطم (٤) مبينا مراحل في نمو غلاف البذرة : د ، مبينا تفلظ الجدر العرضية الداخلية لخلايا البشرة وبدء التفلظ على الجدر الجانبية على شكل اشربة ، وتظهر عدة خلايا في المنطقة تحت البشرة (تب) ، هـ ، تبين خلايا البشرة وقد استطالت كثيراً ، وزاد تفلظ الأشرطة على الجدر الجانبية وامتد فوق أجزاء من الجدر العرضية الخارجية ، كما كانت المنطقة تحت البشرة أن تمص تماماً ، و ، مبينا « شعيرات » البشرة - والأشرطة المفلظة باقية بعد تفتت الجدر العرضية الخارجية وأجزاء رقيقة من الجدر الجانبية ، ويؤدى ذوبان وتفتت خلايا منطقة تحت البشرة (متب) إلى ظهور طبقة شفافة ، وعلى ذلك ، يتكون غلاف البذرة من « شعيرات » البشرة ، وطبقة غير خلوية شفافة وطبقة داخلية خلوية لخانتها خلوية واحدة . (أ) من تشيرش وأوستيرل ، ب ، من كوندو ، ج ، من وينوتن ، د - و ، من سويج .

Lactuca sativa (١)
Lycopersicon esculentum (٤)

Linum usitatissimum (١)
Cossyptum (٣)

وتكون أغلفة البذرة غير منفذة للماء والغازات بدرجة عالية جدا في كثير من الأنواع ، كما في بذور بعض أفراد الفصيلة القرنية^(١) والكانا^(٢) . ومثل هذه الأغلفة ، أدمة غليظة بدرجة لا تنفذ الماء ، حتى أنها لا تنبت الا بعد تمزق الأدمة . وتعتمد طريقة خدش البذور ومعالجتها بحامض الكبريتيك ، على الحاجة الى تزيق أو ازالة الأدمة للسماح بدخول الماء والأكسجين لزيادة نسبة الانبات .



(شكل ١٧٨)

البصرة ذات القصرة المزرقة . ١ - جنينياناستاييلوفورا^(٣) ، ب ، ديتيا بارترى^(٤) ، ج - ديكليبترا ديروبينانا^(٥) ، د ، روليا سكواروزا^(٦) ؛ ه ، المايق^(٧) (كلها من نيتوليسكى ؛ ا ، من جرين ؛ ب ، من واهل ؛ ج ، د ، ه ، من شافنيت ؛ ه ، من ميتلاشر

وتوجد طبقة مميزة واقية تحت البشرة ، في كثير من البذور الصلدة ، وهي مكونة من خلايا عمادية، مرتبة في وضع شعاعي، مرصوصة بأحكام (شكل ١٧٥). وتسمى هذه الطبقة ، الطبقة العمادية ، عادة ، وتسمى خلاياها المميزة « خلايا مليجي » أحيانا (لأنه أول من وصفها) . وتشبه هذه الطبقة العمادية ، الى حد ما الطبقة العمادية بالأوراق ، ولكنها اسكلرنثيمية لا تحتوى على مسافات بينية . والجذر غير منتظمة التغلظ عادة (شكل ١٧٥ ج ، و ، ز) ، وقد تكون سليوزية أو غليظة التكوين أو التلجن . وتعطى وقاية مؤكدة ضد التمزق بالاحتكاك ، وضد تغيرات المحتوى المائى للبذرة . ويظهر بالطبقة العمادية ، في معظم الأحوال ، « خط ضوئى » ، وهو منطقة تشبه الشريط تجرى عرضية على المحور الطولى

Canna (٢)	Leguminosae (١)
Wrightia Barteri (٤)	Gentiana stylophora (٣)
Ruellia squarrosa (٦)	Dicliptera resupinata (٥)
	Delphinium (٧)

للخلايا — وبالتالي مماسية في البذور (شكل ١٧٥ أ) — حيث يختلف انكسار الضوء عنه في باقي الخلايا . ويتكون هذا الخط الضوئي ، في بعض الأنواع ، نتيجة لترسيب حبيبات شمعية في الخلايا . وتوجد طبقات أخرى مختلفة الشخانة ، بها أنواع كثيرة من الخلايا ، داخل الطبقة الوقائية الغليظة الجدران ، أو خارجها فيما ندر . ومن هذه الأنواع الخلايا الحجرية الكثيرة الأنواع ، والألياف ، والخلايا البرنشيمية التي لا حصر لأنواعها ، فهي مختلفة الحجم ، والشكل ، والمحتويات ، وتركيب الجدار . والطبقات المتتالية مكونة عادة من خلايا متنوعة للغاية . وغالبا ما تكون اتجاهات خلايا الطبقات المتجاورة مختلفة ، رغم صغرها ، وهي مرتبة بحيث تكون محاورها الطويلة عمودية على السطح في طبقة ، وموازية له في أخرى ، أو تكون المحاور الطويلة موازية للمحور الطولي للبذرة في طبقة ، وعمودية عليه في الأخرى (شكل ١٧٥ ح) ويكثر وجود خلايا ذوات جدر خاصة غير منتظمة التفلظ (شكل ١٧٥ و ، ز) ، وخلايا أخرى ذوات شكل غريب ، وصلة غير عادية بالخلايا المجاورة .

والطبقات الخارجية لأغلفة البذرة لحمية في بعض البذور ، كما أنها تشبه الطبقات الخارجية للثمار اللحمية في أجناس مثل مانوليا ^(١) ، وآذان الأسد ^(٢) وشجرة المبد ^(٣) التي تتعري بذورها عند نضجها . والتركيب النسيجي أقل تعقيدا في الأنواع الكاسيات البذور ، مثل الرمان ^(٤) ، فتتشأ الطبقة اللحمية التي تؤكل ، من البشرة ، وتستطيل خلاياها في الاتجاه الشعاعي ، ويصل قطرها الى أضعاف قطرها الأصلي ، وتصبح منتفخة (شكل ١٧٦ هـ) . وينشأ جزء من اللب اللحمي الذي يحيط بالبذرة ، في ثمرة الطماطم ^(٥) ، من بشرة غلاف البذرة ، كما تستطيل خلايا البشرة أثناء نموها في الاتجاه الشعاعي ، وتصل الى عدة أمثال قطرها الأصلي ، ويتفلظ الجدار العرضي الداخلى بشدة ، كما تترسب تفلظات عضوية الشكل متوازية ، على الجدر الجانبية الرقيقة . وتصبح الخلايا التي كبرت ، لحمية منتفخة . وعندما تنضج البذرة ، تنحطم الجدر الخارجية والجانبية بين العصي ، وتظهر العصي حينئذ كزوائد شعيرية الشكل ، بارزة من غلاف البذرة

Caulophyllum (٢)

Magnolis (١)

Punica - pomegranate (٤)

Ginkgo (٣)

Lycopersicum (٥)

(شكل ١٧٧ د، هـ) . والأجسام الشبيهة بالشعيرات ، في البذرة الجافة ، سائبة فيما عدا القاعدة (شكل ١٧٧ و) . وتحاط البذرة اللحمية الناضجة بزائدة لحمية علوية تنشأ من المشيمة .

وتظهر على سطوح أغلفة البذرة علامات متباينة الشكل . وهي مميزة ثابتة في النوع الواحد ، ويمكن بواسطتها التعرف على البذور أثناء تحليلها . والخواف والعقد والثنيات والخطاطيف وغيرها من الأجسام التي تظهر على السطح ، عبارة عن تحورات لخلايا البشرة عادة ، وربما اشتركت طبقات تحت البشرة من الغلاف في تكوين الزوائد . وامتدادات غلاف البذرة المكونة من خلايا رقيقة الجدران ، مملوءة بالهواء ، عبارة عن أجنحة وأجسام أخرى تساعد على الطفو (شكل ١٧٦ ج، د) . ولشعيرات البشرة (الألياف) التي تظهر على أغلفة بذور القطن (شكل ١٧٧ ج) أهمية خاصة .

الحزم الوعائية في البذور :

تقتصر الحزم الوعائية في البذور على الرافي^(١) وغلاف البويضة الخارجي . وتقتصر أغلفة البويضة ، في البذور الصغيرة ، الى النسيج الدعامي عامة ، ولكن وجود أو عدم وجود الحزم ، يعتبر الى حد ما ، صفة مميزة للفصيلة . وتمثل الأشرطة الموجودة بالرافي الجهاز الموصل للبويضة في الحبل السرى المندمج . وربما وجدت شبكة من الحزم ، اذا كانت البذرة كبيرة وغلافها معقد التركيب .

الجنين والأندوسيرم :

يظهر على الأجنحة ، في الفصائل المختلفة ، تباين كبير في مرحلة التميز بالبذرة الناضجة . فيتكون الجنين ، في بذرة السحلب ، من عدد قليل نسبيا من الخلايا الانشائية غير المميزة دون ما يدل على وجود جذير او ريشة أو فلقات (شكل ١٧٦ أ ب) ، ويوجد جذير وفلقات كبيرة ، وريشة نامية جدا ، وحزم وعائية في مرحلة الكمبيوم الأولى ، في بذور معظمها كبيرة الحجم ، كما في بذور الزبدية^(٢) . وبين هذين الحدين توجد أعماط عدة .

تحتوى الفلقات الغليظة التى لا تتمدد عند أنبات البذرة، على أنسجة ناضجة مكونة من خلايا مستديرة أو مضلعة مملوءة بالنشا أو الأليرون ، كما توجد بينها مسافات بينية . والجهاز الوعائى بهذه الفلقات بسيط للغاية، ولا توجد بها ثغور. وتحتوى الفلقات التى تتمدد عند الانبات ، على أنسجة غير ناضجة ، ولكن النسيج المتوسط قد يتميز الى نسيج أسفنجى ونسيج عمادى ، وربما وجدتم الثغور فى البشرة . والجهاز الوعائى فى مرحلة الكميوم الأولى فى كل الأجنة عادة ، ونادرا ما تظهر أوعية ناضجة من الخشب الأول واللحاء الأول كما فى الكستناء^(١) والكستناء الهندى^(٢) .

ويتكون الأندوسبرم دائما من خلايا برنشيمية مضلعة أقطارها متساوية نوعا. وتحتوى الجدر على نسبة عالية من السيلولوز ، وهى رقيقة عادة ولكنها غليظة للغاية فى بعض النباتات مثل البلح^(٣) والكاكى^(٤) (شكل ٢١ هـ ، ب) . ويمثل السيلولوز الاضافى ، فى هذه الحالة ، غذاء مختزنا . ويسمى الأندوسبرم الشديد الصلادة أندوسبرم « قرنى » عادة . ويستعمل الأندوسبرم فى البذور الكبيرة لبعض أنواع النخيل ، فى صناعة الأزرار ، كما فى نخل العاج^(٥) . والمواد المختزنة فى الأندوسبرم النموذجى عبارة عن النشا والأليرون والزيوت ، ويقال أن النشا والأليرون لا يوجدان معا فى الخلية الواحدة .

Aesculus (٢)

Diospyros (٤)

Castanea (١)

Phoenix (٣)

Phytelephas (٥)

المراجع — REFERENCES

THE FLOWER

- ARBER, A. : Floral anatomy and its morphological interpretation, *New Phyt.*, **32**, 231-242, 1933.
- BROETEL, A. R. : The floral anatomy of the Urticales, *Amer. Jour. Bot.*, **8**, 386-410, 1921.
- BONNE, G. : "Recherches sur le pédicelle et la fleur des Rosacées," Paris, 1928.
- BROOKS, R. M. : Comparative histogenesis of vegetative and floral apices in *Amygdalus communis*, with special reference to the carpel, *Hilgardia*, **13**, 249-306, 1940.
- CHESTER, G. D. : Bau und Function der Spaltöffnungen auf Blumenblättern und Antheren, *Ber. Deut. Bot. Ges.*, **15**, 420-431, 1897.
- CHUTE, H. M. : The morphology and anatomy of the achene, *Amer. Jour. Bot.*, **17**, 703-723, 1930.
- DOUGLAS, G. E. : Studies in the vascular anatomy of the Primulaceae, *Amer. Jour. Bot.*, **23**, 199-212, 1936.
- : The inferior ovary, *Bot. Rev.*, **10**, 152-186, 1944.
- ELMES, A. J. : The vascular anatomy of the flower with refutation of the theory of carpel polymorphism, *Amer. Jour. Bot.*, **18**, 147-188, 1931.
- GRÉGOIRE, V. : La valeur morphologique des carpels dans les Angiospermes, *Bull. Acad. Roy. Belg.*, **17**, 1286-1302, 1931.
- GUMPENBERG, O. VON : Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Blumenblätter mit besonderer Berücksichtigung der Nervatur, *Bot. Arch.*, **7**, 448-491, 1924.
- HANCOY, A. J. : The vascular anatomy of certain ericaceous flowers, Thesis, Cornell University, 1916.
- HENSLOW, G. : On the vascular systems of floral organs, and their importance in the interpretation of the morphology of flowers, *Jour. Linn. Soc. Bot. London*, **28**, 151-197, 1891.
- : "The Origin of Floral Structures through Insect and [other Agencies," New York, 1888. (Vascular anatomy).
- HILLER, G. H. : Untersuchungen über die Epidermis der Blütenblätter, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **15**, 411-451, 1884.

- JACKSON, G.: The morphology of the flowers of *Rosa* and certain closely related genera, *Amer. Jour. Bot.*, **21**, 453-466, 1934.
- KOCH, M. F.: Studies in the anatomy and morphology of the Composite flower, I. The corolla, *Amer. Jour. Bot.*, **17**, 938-952, 1930.
- KRAUS, E. J., and G. S. RALSTON: The pollination of the pomaceous fruits: III. Gross vascular anatomy of the apple, *Ore. Agr. Coll. Exp. Sta. Bull.*, **138**, 1916.
- KUHN, G.: Beiträge zur Kenntnis der intraseminal Leitbündel bei den Angiospermen, *Bot. Jahrb.*, **61**, 325-379, 1928.
- MCCOY, RALPH W.: Floral organo-genesis in *Frasera carolinensis*, *Amer. Jour. Bot.*, **27**, 600-609, 1940.
- MANNING, W. E.: The morphology of the flowers of the Juglandaceae, II. The pistillate flowers and fruit, *Amer. Jour. Bot.*, **27**, 839-852, 1940.
- MÜLLER, L.: Grundzüge einer vergleichenden Anatomie der Blumenblätter, *Nova Acta K. L.-C., Deutsch. Akad. Naturforscher*, **59**, 1-356, 1893.
- NEWMAN, I. V.: Studies in the Australian Acacias, VI. The meristematic activity of the floral apex of *Acacia longifolia* and *Acacia suaveolens* as a histogenic study of the ontogeny of the carpel, *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, **61**, 56-88, 1936.
- SATINA, S., and A. F. BLAKESLEE: Periclinal chimaeras in *Datura stramonium* in relation to development of leaf and flower, *Amer. Jour. Bot.*, **28**, 862-871, 1941.
- SMITH, F. H., and E. C. SMITH: Anatomy of the inferior ovary of *Darbya*, *Amer. Jour. Bot.*, **29**, 464-471, 1942.
- and —: Floral Anatomy of the Santalaceae and related forms, *Oregon State Monographs. Studies in Botany*, **5**, 1942.
- TILLSON, A. H.: The floral anatomy of the Kalanchoideae, *Amer. Jour. Bot.*, **27**, 595-600, 1940.
- TSCHECH, K.: Der Gewebebau grüner Kelchblätter, Oesterreich. *Bot. Zeitschr.*, **88**(3), 187-199, 1939.
- VAN TIEGHEM, P.: Recherches sur la structure du pistil et sur l'anatomie comparée de la fleur, *Mém. Acad. Sci. Inst. Imp. France*, **21**, 1-262, 1875.
- WILKINSON, A. M.: The floral anatomy and morphology of some species of *Cornus* and the Capifoliaceae, Thesis, Cornell University, 1945.

THE FRUIT

- BARBER, K. G. : Comparative histology of fruits and seeds of certain species of Cucurbitaceae, *Bot. Gaz.*, **47**, 263-310, 1909.
- DU SABLON, L. : Recherches sur la déhiscence des fruits a péricarpe sec, Thesis, Paris, 1884.
- FARMER, J. B. : Contributions to the morphology and physiology of pulpy fruits, *Ann. Bot.*, **3**, 393-414, 1889.
- GARON, A. G. : Recherches sur l'histogénèse des péricarpes, Thesis, Paris, 1890.
- HOUGHTALING, H. B. : A developmental analysis of size and shape in tomato fruits, *Bull. Torr. Bot. Club*, **62**, 243-252, 1935.
- JULIANO, J. B. : Origin, development and nature of the stony layer of the coconut, *Phil. Jour. Sci.*, **30**, 187-197, 1926.
- KRAUS, G. : Ueber den Bau trockner Pericarprien, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **5**, 83-126, 1866.
- LAMPE, P. : Zur Kenntnis des Baues und der Entwicklung saftiger Früchte, *Zeitch. Naturwiss.*, **59**, 295-323, 1886.
- LONG, E. M. : Developmental anatomy of the fruit of the Deglet Noor date, *Bot. Gaz.*, **104**, 426-436, 1943.
- MACDANIELS, L. H. : The morphology of the apple and other pome fruits, *Eém. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta.*, 230, 1940.
- OKIMOTO, M. C. : Morphology and anatomy of the pineapple inflorescence and fruit, Thesis, Cornell University, 1943.
- SINNOTT, E. W. : A developmental analysis of the relation between cell size and fruit size in cucurbits, *Amer. Jour. Bot.*, **29**, 179-189, 1939.
- TUKEY, H. B., and J. O. YOUNG : Histological study of the developing fruit of the sour cherry, *Bot. Gaz.*, **100**, 723-749, 1939.
- : Gross morphology and histology of developing fruit of the apple, *Bot. Gaz.*, **104**, 3-25, 1942.
- WAHL, VON, C. : Vergleichende Untersuchungen über den anatomischen Bau der geflügelten Früchte und Samen, *Bibl. Bot.*, **40**, 1-25, 1897.
- WINTON, A. L. : The anatomy of edible berries, *Conn. Agr. Exp. Sta. Rept.*, **26**, 288-325, 1902.

THE SEED

- BRANDZA, M. : Développement des téguments de la graine, *Rév. Gén. Bot.*, **8**, 1-32, 105-117, 150-165, 229-240, 1891.
- CARLSON, M. C. : Formation of the seed of *Cypripedium parviflorum* Salieb., *Bot. Gaz.*, **102**, 295-301, 1940.
- GODFRIN, J. : Étude histologique sur les téguments seminaux des angiospermes, *Bull. Soc. Sci. Nancy*, **5**, 109-219, 1880.
- : Recherches sur l'anatomie comparée des cotylédons et de l'albumen, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **16**, 5-158, 1884.
- GUIGNARD, L. : Recherches sur le développement de la graine et en particulier du tégument séminal, *Jcut. Bot.*, **7**, 1-14, 21-34, 57-66, 97-106, 141-153, 205-214, 241-250, 282-296, 303-311, 1893.
- HAUSS, H. : Beiträge zur Kenntniss des Entwicklungsgeschichte von Flügeinrichtungen bei höheren Samen *Bot. Arch.*, **20**, 74-108, 1927.
- JUMELLE, H. : Sur la constitution du fruit des Graminées, *Compt. Rend. Acad. Sci., Paris*, **107**, 285-287, 1888.
- KAYSER, G. : Beiträge zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte der Samen mit besonderer Berücksichtigung des histogenetischen Aufbaues der Samenschalen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **25**, 79-148, 1893.
- KONDO, M. : Über die in der Landwirtschaft Japans gebrauchten Samen, *Ber. Ohara Inst. f. Landw. Forsch.*, **1**, 399-450, 1919.
- NETOLITSKY, F. : Anatomie der Angiospermen Samen, *In* K. Linsbauer : "Handbuch der Pflanzenanatomie," X, 1926.
- PANMEL, L. H. : Anatomical characters of the seed of Leguminosae, chiefly genera of Gray's Manual, *Trans. Acad. Sci. St. Louis*, **9**, 91-273, 1899.
- SEHNARF, K. : Anatomie der Gymnospermen Samen, *In* K. Linsbauer : "Handbuch der Pflanzenanatomie," 1937.
- SOUÈGES, M. R. : Développement et structure du tégument séminal chez les Solanacées, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 9 sér., **6**, 1-124, 1907.
- TSCHIRCH, A., and O. OESTERLE : "Anatomischer Atlas der Pharmakogonie und Nahrungsmittelkunde," Leipzig, 1900.
- TUNG, C. : Development and vascular anatomy of the flower of *Pauca granatum* L., *Bull. Chinese Bot. Soc.*, **1**, 108-128, 1935.
- WINTON, A. L. : The anatomy of certain oil seeds with especial reference to the microscopic examination of cattle foods, *Conn. Agr. Exp. Sta. Rpt.*, **27**, 175-198, 1903.

الفصل الرابع عشر

التركيب التشريحي للنبات وعلاقته بالبيئة

كان الاهتمام قاصرا ، في الفصول السابقة ، على تركيب النبات الطبيعي الذي ينمو في مناطق محتواها المائي متوسط أو أمثل. وتسمى مثل هذه البيئة وسطية ^(١) وتوجد في الأماكن المنزرعة من المنطقة المعتدلة ، وكذلك في أجزاء من المناطق الاستوائية ، وخصوصا على ارتفاعات متوسطة . وتسمى النباتات التي تعيش في هذه البيئة نباتات وسطية ^(٢) . وتشمل معظم النباتات البرية والمنزرعة بالمناطق المعتدلة .

وهناك نباتات كثيرة أيضا ، تعيش في ظروف متطرفة بالنسبة للماء الميسر ^(٣) ، مثل المجموعة الكبيرة من النباتات الوعائية المسماة بالنباتات المائية ^(٤) ، والتي تعيش طافية فوق سطح الماء أو مغمورة عند أعماق مختلفة حتى تصل الى حيث تقل شدة الاضاءة ، وتصبح الظروف الأخرى عوامل تحدد استمرار بقاء النباتات من هذا النوع . وينمو في البيئة المعروفة بالجفافية ^(٥) ، حيث الماء الميسر قليل ، عدد أكبر من الأنواع ، تظهر اختلافا بينا في تركيبها . وتشمل مجموعة النباتات الجفافية ^(٦) ، أنواعا من عدة فصائل ، لا ترتبط ببعضها البعض من ناحية النشؤ القبلي بتاتا ، ولكنها متقاربة نوعا في تركيبها الخضري ، وهي في هذه البيئة . وتوجد بين النباتات الصحراوية في جانب ، والمائية في الجانب الآخر ، غماط عدة ، ودرجات كثيرة من الاختلاف التركيبي للنباتات التي تتوسط بيئتها الطبيعية بين الوسطية والصحراوية في طرف ، وبين الوسطية والمائية في الطرف الآخر .

mesophytes (١)

hydrophytes (٤)

xerophytes (٦)

mesophytic (١)

available water (٣)

Xerophytic (٥)

أنواع البيئة الجفافية :

تظهر التحورات التركيبية التي تتصف بها النباتات الصحراوية تحت ظروف بيئية كثيرة متنوعة . ولكنها أكثر شيوعا في الصحارى والأماكن شبه الجافة ، حيث يشح المطر طول العام أو أثناء جزء كبير منه ، فتظهر عدة نباتات ، ليست نموذجا للنباتات الصحراوية في تركيبها ، لأنها أثناء موسم ممطر قصير وتقضى موسم الجفاف على هيئة بذور ، أو أبصال ساكنة ، أو كورمات ، أو جذور تحت سطح الأرض . ويوجد عدد لا بأس به من الأنواع ، في مثل هذه الأماكن ، فيما عدا الصحارى المتطرفة حيث لا تنمو نباتات راقية ، ولهذه النباتات سوق وأوراق ، أو سوق فقط ، تظهر فوق الأرض طول العام . وتوجد بالإضافة الى هذه البيئات ، التي تتميز بنقص حقيقي في الماء ، توجد أيضا البيئات التي يبدو أن ماءها وفير ، ولكنه غير ميسر للنباتات لسبب فسيولوجي . فهناك مجموعة معروفة من النباتات ، تسمى النباتات الملحية^(١) ، تنمو في المستنقعات المالحة ، أو في أنواع خاصة من التربة القلوية السامة قليلا للنباتات ، ورغم بقاء هذه النباتات في الماء عادة ، فإن تحوراتها التركيبية محكمة ، تشبه كثيرا تلك الموجودة في نباتات الصحراء ، لا تمنع فقد الماء . ورغم وجود الماء ، فإن درجة تركيز الأسبوزية عالية بدرجة لا تساعد على امتصاصه بواسطة النبات ، وتوجد حالة مشابهة نوعا في نباتات الأراضي الغدقة^(٢) بالمناطق المعتدلة الأكثر برودة ، وبالمناطق تحت القطبية ، ولا يمتص الماء في هذه الأماكن بسبب درجة تركيزه الاسبوزية العالية ، ويحتمل عدم امتصاصه بسبب الأثر السام على جذور النباتات فيمنع نموها ، أو بسبب الانخفاض الشديد في درجة حرارة التربة .

وتظهر مجموعة أخرى من الظروف الفسيولوجية الصحراوية في مناطق لا يوجد بها نقص حقيقي للماء ، ولكنها باردة أثناء فترة من السنة . فتوقف درجات الحرارة المنخفضة معدل امتصاص الجذور للماء ، وتقلل عملية الانتقال عامة ، ورغم انخفاض النتج ، فهناك نقص فسيولوجي في الماء . وتصبح هذه الحالة شديدة الوضوح ، عندما تتجمد التربة الى عمق كبير . وتبدو هذه النباتات التي تحتفظ بأوراقها تحت هذه الظروف ذات تركيب صحراوي نموذجي ، مثال

ذلك الأنواع عاريات البذور ذات الأوراق الابرية التى تنتشر فى المناطق المعتدلة وتحت القطبية عامة .

والتعرض للرياح الدائمة العالية السرعة ، وللضوء والحرارة الشديدين ، يهيئ الظروف الجفافية أيضا ، وثمره ظروف جفافية كثيرة تنشأ نتيجة تضافر عدد من العوامل البيئية المذكورة ، ففي الصحراء ، تشترك عوامل فقد الماء من التربة ومن الجو ، والضوء والحرارة الشديدين ، والرياح العالية السرعة .

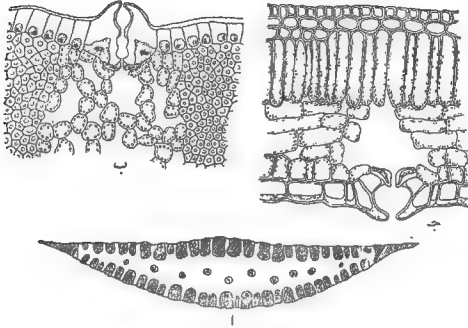
نباتات الجفاف :

تختلف نباتات الجفاف عن النباتات الوسيطة من الناحيتين الفسيولوجية والتركيبية . ومع أن الأعضاء والأنسجة الوسيطة المعتادة لا يتغير تركيبها ، إلا أنها تصبح أكثر فاعلية من حيث الوظيفة ، مثال ذلك ، تكون النباتات التى تنمو فى ظروف الجفاف ، كشجرة الزيتون تكون مجموعا جذريا كبيرا ، بدرجة غير عادية ، يكون قادرا على الامتصاص بكفاءة عالية والنباتات الملحية ، مثل آخر لهذا النوع من التحورات ، حيث درجة التركيز الاسموزية داخل النبات أعلى منها فى النباتات الوسيطة المعتادة ، وتمكن هذه الدرجة من التركيز ، النبات من امتصاص الماء من التربة الملحية . ويشترك مع ارتفاع درجة التركيز الاسموزى قدرة خلايا هذه النباتات على مقاومة الأثر السام للمحلول الملحي ، الذى يضر دون شك ، بكثير من النباتات الأخرى ، التى درجة تركيزها الاسموزية عادية ، ويصاحب التحورات الفسيولوجية عادة ، تحورات تركيبية تقلل من فقد الماء المتص ، كما توجد أجسام متخصصة شديدة التعقيد ، وقد يعم وجودها كل أنسجة النبات تقريبا .

التلجن والتكونن :

يكثر التآدم الغليظ وأقصى تكونن للبشرة وكذلك خلايا تحت البشرة فى نباتات الجفاف . وتوجد جميع درجات الثخانة بالأدمة ابتداء من ثخانة أكبر قليلا من المعتاد ، مثل نباتات البيئة نصف الجفافية ، الى ثخانة تامة بالنباتات الجفافية المتطرفة حيث ثخانة الأدمة مثل أو أغلظ من قطر خلايا البشرة . كما تتكونن جدر خلايا البشرة عادة ، وأحيانا جدر الخلايا التى تحتها أيضا ، ويصاحب الطبقات التامة الكوتة درجات مختلفة من تلجن خلايا البشرة وتحت البشرة عادة.

وقد يمتد التلجن حتى أجزاء من خلايا البرنثيمة العمادية في بعض الأعضاء ، كما في أوراق السيكاس (شكل ١٧٩ ج) . وتكون في كثير من النباتات طبقة من



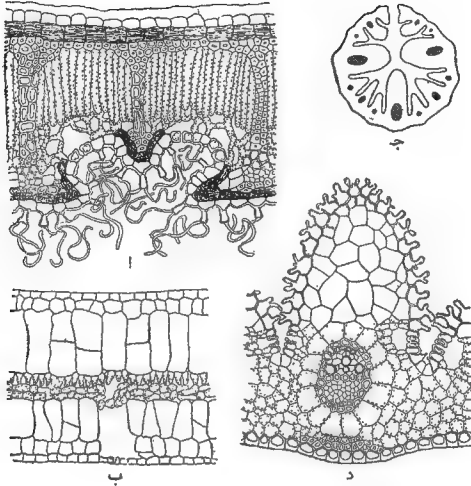
(شكل ١٧٩)

تركيب أوراق النباتات الجفافية . ١ ، شكل تخطيطي لقطاع عرضي في ورقة (اسيلريون سيراينوليوم^(١)) ، تظهر الاسكارنثيمة مخططة بخطوط مائلة ، والانسجة الوعائية مخططة بخطوط متقاطعة ، ب ، جزء تفصيلي من الحالة ، ج ، قطاع عرضي في ورقة السيكاس^(٢) ، مينا « تحت البشرة » ملجنة وجزء من النسيج العمادي ملجن

الشمع تغطي البشرة . وتفرز نباتات كثيرة الشمع بكميات لجعلها ذات قيمة تجارية ، مثال ذلك نخلة الشمع^(٣) ، وشجرة الشمع^(٤) وهما مورد شمع كارنوبا^(٥) الذي يتكون بكميات تكفي لجعلها ذات قيمة تجارية . (يتكون الشمع أحيانا بواسطة نباتات لا تنمو تحت ظروف الجفاف) .

وتحتوى كثير من نباتات الجفاف ، بالإضافة الى تكوين البشرة ، على طبقة أو عدة طبقات من الخلايا تقع تحت البشرة مباشرة ، وتسمى طبقة تحت البشرة^(٦)

Cycas (٢)	Dasyllirion serratifolium (١)
Cerouylon (٤)	Copernicia (٣)
Banksia (٦)	Carnauba wax (٥)



(شكل ١٨٠)

تركيب الاوراق في نباتات الجفاف . ١ ، نوع جلدي ، باتكسيا ، ب ، نوع مصري (١) ، بيجونيا (٢) ج ، د النوع اللغوف ، سبارتينا (٣) . ١ ، نوع متطرف أدمته غليظة للغاية ، طبقة تحت البشرة الخارجية مملوءة بالمخاط والتانين ، صفح جيوب النسيج المتوسط بالاسكرنشيمة ، النفور في جيوب مملوءة بالشمرات ، البرنشيمة الاسفنجية شحيحة ، ب ، النسيج المتوسط رقيق ، تحميه خلايا تحتوى على المخاط ، النفور غير محمية ، ج ، شكل تخطيطى لقطاع عرضى لورقة في حالة التلف ، د ، جزء تفصيلى من الورقة السابقة ، النفور في اخاديد تكاد تكون مغلقة بخلايا البشرة المتداخلة

(أشكال ١٧٩ ١٨٢ ج ، ب ، د) . وتشبه خلايا هذه الطبقة خلايا البشرة في التركيب عادة ، وأحيانا تنشأ تكوينات من خلايا البشرة الصغيرة ، وتعتبر تحت البشرة نسيجاً متوسطاً من الناحية الشكلية ، في أوراق معظم النباتات ، وقد

Begonia (٢)

malacophyllous type (١)

Spartina (٣)

تكون على صورة طبقة من الخلايا الاسكلريدية أو شريطا من النسيج اللينى . وتتكون تحت البشرة في السوق والأوراق الى حد ما ، أو غالبا ما تتلجن ، كما يكثر وجود الصمغ والتانين في هذه الطبقة (شكل ١٨٠ أ) .

الاسكلرنشيمة :

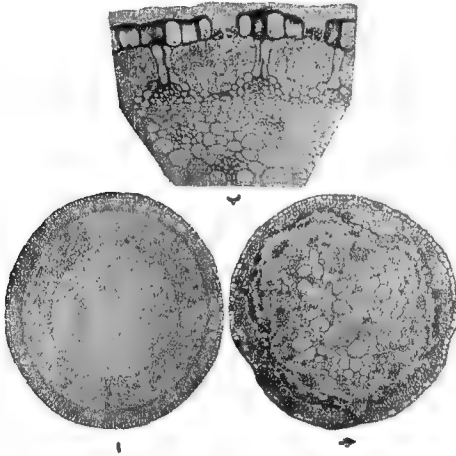
تحتوى أوراق نباتات الجفاف عامة ، بالإضافة الى تحت البشرة ، على كمية من الاسكلرنشيمة أكبر من الموجود بالنباتات الوسطية عادة . ويترتب هذا النسيج في طبقات منتظمة نوعا من الألياف أو من الخلايا الاسكلريدية ، بين النسيج المتوسط للورقة والبشرة أو تحت البشرة . ويوجد في بعض النباتات شريط رقيق نوعا من الاسكلرنشيمة بين تحت البشرة والنسيج المتوسط كما في بانكسيا (شكل ١٨٠ أ) ، كما توجد في أنواع أخرى ، أشربة غليظة متوازية من الألياف أسفل البشرة . وتغطى هذه الأشربة النسيج المتوسط فيما عدا فتحات صغيرة تؤدي الى الثغور داخل الورقة. وتمنع هذه الطبقات الاسكلرنشيمة فقد الماء ، كما تساعد على تدعيم العضو ، وتعمل كحاجز جزئى ضد الضوء الشديد . وتوصف نباتات الجفاف التى تحتوى أوراقها على كوتنة ولجنة كثيرة بأنها ذات أوراق جلدية .

الشعيرات :

تمنع التحورات السابق ذكرها ، فقد الماء من النبات بتكون طبقات هى ذاتها غير منفذة نوعا . يضاف الى ذلك أن اعاقا مرور الهواء على سطح يمنع البخر السريع خلال الثغور . ويغطى سطح الأوراق السفلى ، أو اينما وجدت الثغور بكثرة ، بطبقة كثيفة من الشعيرات تمنع فقد الماء فى كثير من النباتات ، خصوصا نباتات مناطق الألب المعرضة للرياح الشديدة . كما يكثر وجود الشعيرات فوق جميع أجزاء النبات المعرضة للهواء . وتكون الشعيرات فوق البشرة ، مسافات محبوسة الهواء درجة رطوبتها النسبية تقارب درجتها داخل الورقة . وتوصف النباتات الصحراوية التى تحتوى أوراقها وسوقها على طبقة من الشعيرات بأنها مشعرة^(١) .

التفاف الأوراق :

تلتف أوراق بعض نباتات الجفاف التفاتا تاما تحت ظروف الجفاف ، ومن أمثلتها المعروفة الحشائش الصحراوية . تقع الثغور ، في هذه الأوراق أما على السطح العلوى أو السطح السفلى ، فإذا التفت حواف الورقة الى الداخل حتى تتلامس أو تتداخل ، بقيت الثغور بعيدة عن الهواء الخارجى . وخير مثل لهذا



(شكل ١٨١)

تركيب الساق في نبات الجفاف ذى الأوراق الصغيرة . ا ، ب ، ليبتوكايس^(١) ، ذو قلقة واحدة : ا ، قطاع عرضى في الساق ، ب ، جزء صغير من ا ، مبيتا نسيج البناء الضوئى القشرى المتخصص ، وتظهر الثقوب خالصة ، والبشرة مليئة ، كما تظهر الأوراق في القطاع خارج البشرة ، وهي عبارة عن حراشيف لا تؤدي وظيفة الورقة . ج ، بوليغونيلا^(٢) ، قطاع عرضى في الساق مبيتا حالة مماثلة في ذوات اللقتين .

النوع ، يشاهد في سبارتينا ، وهو نبات نجيلي ملحي ، تلتف ورقته الى أعلى التفافا تاما ، والشعور محمية لوجودها في أخاديد (شكل ١٨٠ ج ، د) فتقل حركة الهواء كثيرا فوق المساحات الثغرية . وكما سبق شرحه بالفصل الثاني عشر ، توجد في أوراق كثير من الحشائش خلايا حركة خاصة على السطح العلوى للورقة ، تساعد على أن تلتف بطريقة معينة . ويمكن مشاهدة هذه الخلايا بوضوح تام في النجيليات الصحراوية . وهناك نوع من الأوراق يلتف عندما ما يقل معين الماء في النبات ، كما في الأوراق الشريطية مثل أنواع من داسيليريون^(١) ، وأنواع أخرى من بعض الأجناس ذوات الأوراق العريضة ، كما في رودودندرون^(٢).

تركيب الثغر :

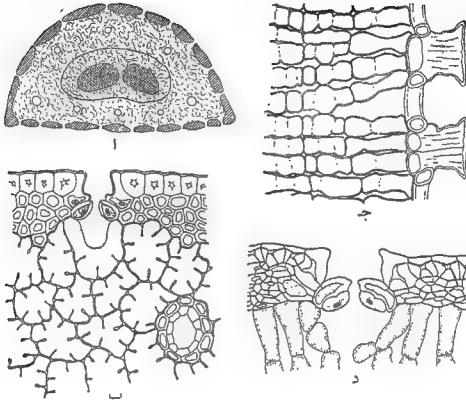
فتحات الثغور ذات أهمية للنبات ، لأنها تسمح بدخول ثاني أكسيد الكربون والأكسجين وربما سمحت أيضا بدخول وخروج غازات أخرى . ويخرج الماء من الثغور عندما تكون مفتوحة ، حتى لو كان فقدته ضارا بالنبات كله . ولذلك كان انخفاض النتح ذا أهمية قصوى للنباتات الصحراوية ، ومما يساعد على انخفاض النتح ، اختزال عدد الثغور — اما باختزال سطح الورقة أو باختزال عدد الثغور في وحدة المساحة — أو تحور كامل في تركيب الجهاز الثغري . ولا يقل فقد الماء ، في النباتات الصحراوية ، نتيجة لوجود غطاء شميري ، ولالتفاف الأوراق فحصب ، ولكن وجود الثغور غائرة في مستوى منخفض عن باقى خلايا البشرة لما يساعد على قلة فقد الماء أيضا . وللخلايا المساعدة بهذه الثغور شكل معين وترتيب خاص يجعلها تكون غرفة أو غرغا خارجية متصلة بالثغر خلال فتحات ضيقة . وتساعد هذه الحالة على عزل الفتحة بين الخليتين الحارستين عن الهواء الخارجى ، حيث نسبة الرطوبة منخفضة . ويكثر وجود هذا النوع من الثغور في نباتات الجفاف المتطرفة كما توجد أيضا في الصنوبر^(٣) (شكل ١٨٢ ب ، ج) ، وذيل الحصان (شكل ١٧٩ ج) ، وليتوكاربس^(٤) (شكل ١٨١ ب) . وجدر الخلايا المساعدة ، وكذلك أجزاء من جدر الخلايا الحارسة بهذه الثغور تكون غليظة ملبنة عادة

Rhododendron (٢)

Leptocarpus (٤)

Dasyliirion (١)

Pinus (٣)



(شكل ١٨٢)

تركيب نباتات الجفاف ذات الأوراق الصغيرة . ١ ، ب ، ج ، ورقة الصنوبر الأسود^(١)، شكل تخطيطي لقطاع عرضي ، وجزء تفصيلي صغير من القطاع السابق ، جزء صغير من قطاع طولى مارا بأخدود نغرى ، على التركيب . ١ ، الحزمتان الوعائيتان مخططتان بخطوط متقاطعة ، محاطتان بشلاف برنشيمى والندودرمس ، كما يحتوى النسيج المتوسط على قنوات الراتنج ، ويعميه سكارنشيمية خارجية ، مخططة بخطوط مائلة ، تنخللها الأخاديد الثغرية ، ب ، ج ، النسيج المتوسط منتظم ، كثيف ، والجدر منشئية الى الداخل ، د ، قطاع عرضي ، خلال منطقة ثغرية ، في ساق اكويريتيم هيميل^(٢)، مبينا تسبيج التركيب القشري ، والثغور الفائرة - والبشرة وحتت البشرة شديدة السلكنة^(٣)

أو مكوتنة بشدة، ويعمى الثغور الفائرة أيضا وجود الشعيرات كما في كازورينا^(٤) وبانكسيا (شكل ١٨٠) .

اختزال سطح الورقة :

تمثل النباتات ذوات الأوراق الصغيرة مجموعة من أكبر مجموعات نباتات، ويساعد اختزال سطح الورقة بهذه المجموعة على منع فقد الماء جزئيا ، حيث

Equisetum hyemale (٢)

Casaurina (٤)

Pinus nigra (١)

Silicified (٣)

السطح الكلى. المعرض من جسم النبات صغير نسبيا اذا قورن بمثيله فى النباتات الوسطية المعتادة . ومن أمثلة هذه المجموعة أنواع كثيرة تمثل كل المجموعات النباتية ، مثل ذيل الحصان ، والصنوبر ، وكازورينا ، واسبرجس ، ونباتات الكاكتس ، وبوليغونيلا (شكل ١٨١ ج) . وأوراق هذه الأنواع ، صغيرة جدا ، اذا كانت وظيفتها طبيعية ، وغالبا ما تختفى من النبات البالغ ، أو تبقى على هيئة حراشيف صغيرة ، أو قنابات معظمها لا يؤدى وظيفة الورقة . وتتم عملية البناء الضوئى فى سوق بعض الأجناس ، كما فى ذيل الحصان ، وليتوكارس ، وبوليغونيلا ، حيث أنسجة البناء الضوئى نامية جدا ويصاحب اختزال سطح الورقة ، عادة زيادة الاسكلرنشيمية ، وظهور الثغور الغائرة ، واحتزان الماء .

الأوراق الأبرية فى عاريات البذور :

أوراق عاريات البذور الأبرية نوع هام من الأنواع الصغيرة الأوراق. وتعرض أنواع كثيرة من الصنوبر وبسيا^(١) وغيرها من أجناس المخروطيات ، تعرض لظروف الجفاف أثناء الشتاء حيث درجة حرارة التربة والهواء منخفضة تمنع امتصاص الماء وانتقاله ، وفى الوقت نفسه لا تمنع فقد الماء من الأوراق ، وتوجد بهذه الأوراق ، بالإضافة الى اختزال السطح ، كوتنة ثقيلة وثغور غائرة. ومن الأوراق الأبرية المميزة ورقة الصنوبر (شكل ١٨٢ أ - ج) . يتكون النسيج الوعائى فى هذه الورقة ، من حزمتين محورتين ، يتكون كل منهما من لحاء وخشب متساويين تقريبا ، معظمهما ثانوى النشأة . وتحيط بالانسجة الوعائية مباشرة ، منطقة تسمى النسيج الناقل^(٢) (الفصل الرابع) يحدها أندودرمس ظاهر جدا . وبعض خلايا النسيج الناقل - وهو فى موضع البريسكيل - يحتوى على نقر مصفوفة ، مع أن للنسيج مظهر البرنشيمية . ويوجد نسيج البناء الضوئى خارج الاندودورمس ، ويتكون من خلايا متوسطة خاصة ، يتسع فيها سطح الجدار لوجود بروتات الى الداخل . وتتوزع البلاستيدات الخضراء حول هذا السطح الكبير . والجدار الخارجية لخلايا البشرة مكوتنة ، وتمتد الكوتنة على الصفائح الوسطى بين وحول الخلايا . والجدار شديد التغلظ لدرجة أن فجوة الخلايا تكاد

تكون مسدودة . ويلي البشرة « تحت البشرة » وهي ثامية جدا ، ثخانتها عدة طبقات ، تتكون من خلايا سكلرنشيمية طويلة تمتد موازية للمحور الطولي للورقة والثغور غائرة نوعا ، مرتبة في صفوف طويلة محمدة . ويظهر تركيب الثغور في القطاعات العرضية والطولية للورقة في (شكل ١٨٢ ب ، ج) . والأوراق الأبرية لعاريات البذور الأخرى ، مع اختلافها عن أوراق الصنوبر ، إلا أنها تشبهها كثيرا في الصفات العامة .

نباتات الجفاف المصرية :

هي المجموعة الرابعة الكبيرة من نباتات الجفاف التي لها أوراق أو سوق لحمية ، وتوصف بأنها عصيرية . والأنسجة التي تحتزن الماء والمواد المخاطية واضحة بهذه النباتات . وتقع بين البشريتين العليا والسفلى بالأوراق ، وعلى جانبي الورقة ، أو على جانبي الورقة وفي مركزها بالأوراق المتطرفة . والخلايا المختزنة كبيرة عادة ، رقيقة الجدران غالبا ، كما في ييجونيا (شكل ١٨٠ ب) . والجدر مدعمة بطريقة تمنع قفلصها إذا قل انتفاخ الخلايا . وواضح أن هذا النسيج المختزن يعمل كمصدر للماء المختزن أثناء الجفاف ، أو يظل الأنسجة التخنانية من الضوء الشديد . ولبعض الأنواع ، أوراق غليظة اسطوانية ملساء ، حزمها الوعائية مرتبة في اسطوانة أشبه بالهيكل الوعائي . والنسيج المتوسط ، المكون من نسبة كبيرة من النسيج العمادى عادة ، أكثر أحكاما عنه في النباتات الوسطية . كما أن كمية أنسجة البناء الضوئى أكبر بمقارنتها بمساحة السطح المعرض من الورقة . ويعتبر سطح الورقة مختزلا نسبيا . وينتشر نسيج اختزان الماء في كثير من نباتات الجفاف الصغيرة الأوراق ، خصوصا نباتات الكاكتس والنباتات التي تشبهها في الصفات وكذلك بعض الأجناس الملحية مثل الحريرة^(١) .

النباتات العالقة^(٢) :

يختلف تركيب النباتات العالقة تبعا للبيئة . وكثير منها جفافية في تركيبها العام مثل تالاندسية^(٣) ، وكثير من السحليات . للأولى غطاء شعري وللثانية بشرة غليظة الكوتة وسطحها الورقى صغير نسبيا . ويتكون المجموع الجذرى

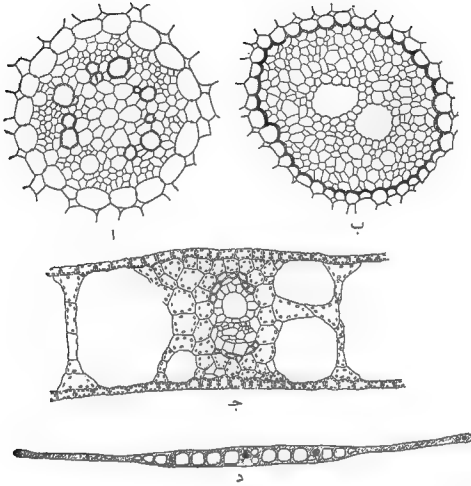
للنباتات العالقة جزئيا من مواسك تثبت النبات، أو من جذور ماصة تتصل بالسطح المعلق منه النبات ، وفي بعض الأجناس ، يتكون من جذور هوائية . وتعيش بعض النباتات العالقة في بيئات رطبة دائما وليس لها تركيب جفافى .

النباتات المائية :

عدد الأنواع من النباتات الوعائية التى تنمو مغمورة في الماء أو طافية ، أصغر من عدد النباتات الجفافية . ولا يظهر على النباتات المائية تباين في تركيبها كما في نباتات الجفاف ، فيقابل انتظام البنيات المائية اختلاف في البنيات الجفافية . والعوامل التى تؤثر في النباتات المائية أساسا هى الحرارة ودرجة التركيز الاسموزى والتسسم — ويعتمد العاملان الأخيران على كمية وطبيعة المواد في المحلول — والصفات التركيبية المميزة للنباتات المائية أساسا هى اختزال الأنسجة الواقية والدعامية والناقلة ، ووجود غرف هوائية (يمكن ملاحظة قدرة التركيب الجفافى على مواجهة الجفاف عندما يعرض نبات جفاف مثل نبات سيدم^(١) ونبات مائى مثل لسان البحر^(٢) لظروف الجفاف ، فيبقى الأول حيا أياما عدة ، بينما يجف الثانى بعد ساعات قليلة جدا) .

البشرة في النباتات المائية :

هناك فرق واضح بين بشرة النباتات المائية وبشرة النباتات الهوائية من حيث التركيب والوظيفة . فالبشرة طبقة غير وقائية في النباتات المائية ، ولكنها تتمص الغازات والمواد الغذائية من الماء مباشرة . ولهذه الطبقة أدمة متناهية الرقة ، وجدر سيلولوزية رقيقة تسمح بالامتصاص من الماء المحيط بالنباتات . وتحتوى البشرة ، في النباتات المائية عموما ، على بلاستيدات وهى تكون لذلك جزءا لا بأس به من نسيج البناء الضوئى ، خصوصا عندما تكون الأوراق رقيقة جدا . ولا توجد ثغور في النباتات المائية المغمورة (ولو أنها قد تكون أثرية أحيانا) ، ويتم التبادل الغازى خلال الجدر الخلوية مباشرة . أما الأوراق الطافية للنباتات المائية فيحتوى سطحها العلوى على الثغور بكثرة .



(شكل ١٨٤)

تركيب النباتات المائية - ١ ، ب ، قطاع عرضي في الهيكل الوعائي لساقى ، الفلفل المائى (١) ونوع من لسان البحر (٢) على الترتيب : ١ ، اسطوانة الخشب مختزلة جدا ، اسطوانة اللحم كاملة ، ب ، الخشب غير موجود ، وتوجد قنوات مكانه ، اللحم واضح النمو ويحيط بالقنوات ، الجدر الداخلى للاندودرمس مغلف جدا . ج ، د قطاعان عرضيان في ورقة نوع اخر من لسان البحر (٣) المقصورة : د ، شكل تخطيطى مبينا اختزال الحزمة وعدم وجود خشب ، واختزال الاسكلرنشيمة ، وباقى الخلايا كلها رقيقة الجدران ، تحتوى البشرة على بلاستيدات خضراء ، ولا توجد نفور . (أ ، ب من عينك)

الأوراق المجزأة :

فى كثير من أنواع النباتات المائية ، تنجز الأوراق المقصورة الى أجزاء صغيرة جدا ، فتكون سطحا ورقيا كبيرا نسبيا ، ملاصقا للماء . وتسمح القطع الاسطوانية الرقيقة لهذه الأوراق بالاتصال المباشر بين نسيج البناء الضوئى والماء ، ومن

Potamogeton pectinatus (٢)

Elatine Alsinastrum (١)

Potamogeton ephedrus (٣)

أمثلة هذا النوع من النباتات المائية ذوات الأوراق المجزأة الحزنبيل^(١) وحامول الماء^(٢). وتوجد لبعض الأنواع ذوات الأوراق المغمرة المجزأة ، أوراق أخرى طافية أو هوائية ، كاملة ، مسننة أو مفصصة .

الغرف الهوائية :

يكثر وجود الغرف والممرات المملوءة بالغازات في أوراق وسوق النباتات لمغمورة ، وتتكون فجوة تخزين الهواء من خلية واحدة ، ومع ذلك فالغرف الهوائية كبيرة ، منتظمة عادة ، كما تمتد المسافات البينية خلال الورقة وخلال الساق ، وتمتد في الأخيرة الى مسافات طويلة عادة . وأحسن أمثلة لهذا النوع من التركيب تظهر في أوراق لسان البحر (شكل ١٨٣ د ، ج) ، بوتتيديريه^(٣) (شكل ١٨٤ أ) . ويفصل هذه المسافات حواجز من نسيج البناء الضوئي عادة ثخانتها خلية واحدة أو خليتان. وتمتد الغرف الهوائية النبات بنوع من الجو الداخلي. وظاهر أن الأكسجين الناتج من عملية البناء الضوئي يخزن في هذه المسافات ويستعمل مرة أخرى في عملية التنفس . كما أن ثاني أكسيد الكربون الخارجى من التنفس يحجز لاستعماله في البناء الضوئي . ويحتمل أن تمنح الحواجز^(٤) العريضة للممرات الهوائية فيضان الماء خلالها . وتساعد الغرف الهوائية على طفو الأعضاء التي توجد بها . ويساعد على الطفو أيضا ، وجود برنشيمة هوائية^(٥) وهي أنسجة متخصصة يكثر وجودها في النباتات المائية وتتميز بها ، على سبيل المثال أنواع من ديكودون^(٦) وليثرم^(٧) . والبرنشيمة الهوائية نسيج رقيق جدا من الناحية التركيبية ، تقفل الحواجز الرقيقة المسافات الهوائية به (شكل ١٨٤ ج) ، وتعتبر الخلايا نسيجا فلينيا يكونه كمبيوم فلبنى خاص ينشأ من البشرة أو للقشرة . وخلايا الفلين صغيرة رقيقة الجدران ، تكون نسيجا رقيقا للغاية أثناء نضج الخلايا الفلينية الصغيرة وتستطيل كثيرا خلايا فردية من كل طبقة من طبقات هذا النسيج ، في الاتجاه القطرى ، على مسافات منتظمة الأبعاد بينما تظل الخلايا الأخرى صغيرة . وتدفع استطالة الخلايا الناشئة من الطبقة الأخيرة الى الخارج ،

Utricularia (١)

Myriophyllum (١)

Diaphragms (٤)

Pontederia (٢)

Decodon (٦)

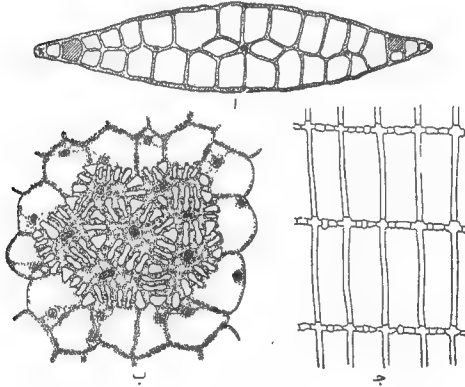
Aerenchyma (٥)

Lythrum (٧)

وتكون غرفا هوائية مستطيلة موازية لمحور النبات الموجودة به . وتكون الخلايا المستطيلة في الاتجاه القطري ، الجدر الجانبية للغرف ، كما تكون الخلايا التي لا تستطيل والمنزلة عن صفوف الخلايا المماسية المجاورة ، تكون الجدر العرضية . ويستعمل مصطلح « برنشيمية هوائية » من الناحية الفسيولوجية ، للدلالة على أى نسيج به عدة مسافات بينية كبيرة . وقد تكون مثل هذه الأنسجة جزءا من القشرة أو النخاع ، من الناحية الشكلية ، وهى لذلك مختلفة تماما عن البرنشيمية الهوائية النموذجية المشروحة آنفا حيث أن الأخيرة ثانوية النشأة .

عدم وجود الاسكلرنشيمية :

لا تحتوى النباتات المغمورة على أنسجة أو خلايا سكلرنشيمية أو تحتوى على كمية قليلة منها عادة ، حيث يحمل الماء النبات ويحميه جزئيا من الإصابة ،



(شكل ١٨٤)

تركيب النباتات المائية . ١ ، ب ، بوتيديريياكوردانا^(١) : قطاع عرضي في ورقة مضغوطة ، مبينا الغرف الهوائية مخططة بخطوط مائلة . ب ، الحاجز بالتفصيل مبينا الثقوب (وهى غير مظلة) . ج ، البرنشيمية الهوائية في قطاع عرضي في ديكودون^(٢) مبينا المسافات الهوائية مكونة نتيجة لاستطالة خلايا خاصة من كل طبقة قلبية .

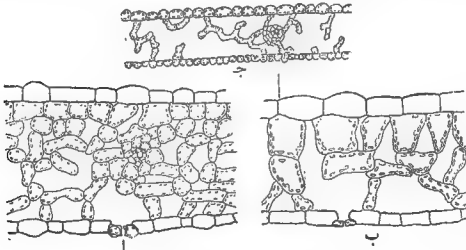
Decodon (٢)

Pontederia cordata (١)

قليلة ، ويشمل ذلك الهيكل الوعائى والحزم الوعائية الرئيسية (شكل ١٨٣ أ) . كما تزيد كثافة الأنسجة والجدر الغليظة ، وفى بعض النباتات ، الكولنشيسية ، تعطى بعض الصلادة ، ولكن النباتات المغمورة ، خصوصا الأوراق والسوق الصغرى ، رخوة عادة وتنقلص عندما تنتزع من الماء . وتظهر أحيانا أشربة سكلرنشيسية خصوصا على طول حواف الأوراق . ويبدو أنها تزيد من قوة الشد فى هذه الحالة .

اختزال الأنسجة الوعائية والماصة :

النبات المائى اما مغمورة فى محلول غذائى أو طاف فرقه . ويلاحظ أن الأجزاء التى تمتص الأملاح المعدنية والماء من التربة فى النباتات الأرضية وتنقلها داخل النبات ، تختزل للغاية أو تختفى من النباتات المائية . فالمجموع الجذرى مختزل للغاية عادة ، يؤدى وظيفته أساسيا كمانسك أو مثبت . ويتم الجزء الأكبر من الامتصاص خلال الأوراق والسوق . وتوجد بالنباتات المائية كل درجات اختزال المجموع الجذرى ، فاذا لم يكن اختزال الجذور كبيرا ، فإن الشعيرات الجذرية تختفى عادة ، ويحتمل الا تمتص الجذور الماء بى مقدار . وأكثر الأنسجة



(شكل ١٨٥)

تركيب أوراق نباتات الظل ١ ، جرسونية (١) ب ، سويسيا البينا (٢) ج ، كريتوجراما ستيليري (٣) بين هذه الأوراق النسيج المتوسط سائيا ، والطبقة المعادية ضعيفة أو مختفية ، والبشرة ضعيفة الكوتنة - ج - نوع متطرف يظهر به أثر الظروف المائية ، كما توجد بلاستيدات خضر بالبشرة

Circaea alpina (٢)

Je'fersonia diphylla (١)

Cryptogramma stelleri (٣)

الوعائية اختزالا هو نسيج الخشب . ولا يتكون في كثير من الأنواع الا من عناصر قليلة وأحيانا لا توجد عناصر الخشب في الهيكل الوعائي والحزم الكبيرة ، كما لا توجد في الحزم الصغيرة غالبا . ويوجد في هذه النباتات فجوات خشب تظهر بوضوح تام مكان الخشب (شكل ١٨٣ ب ، ج) وتشبه هذه الفجوات الغرف الهوائية النموذجية . ويتكون اللحاء ، رغم اختزال كميته اذا قورن بلحاء النباتات الوسيطة ، بدرجة لا بأس بها اذا قورن بالخشب . ويشبه لحاء النباتات العشبية الصغيرة ، في أن الألياف الغربالية أصغر من زميلاتها بالنباتات الخشبية . ويبين شكل ١٨٣ ج ، د هذه الحزم المختزلة في ورقة لسان البحر ويكثر وجود طبقة الاندودرمس في النباتات المائية ولكنها ضعيفة التكوين عادة .

اوراق نباتات الظل :

تحتوى أوراق النباتات التى تنمو فى ظل كثيف على طبقات عمادية ضعيفة التكوين . ويظهر هذا النوع من تركيب الورقة فى كثير من النباتات الوسيطة كنبات الغابات البطيئة النمو مثل جيفر سونيه (شكل ١٨٥ أ) . وتخفى الطبقات العمادية من الأنواع الأكثر تطرفا والتي تعيش فى هذه البيئات كما فى كريتوجراما (شكل ١٨٥ ج) وهو سرخس ينمو فى أرض رطبة ، مظلة . وربما احتوت البشرة على بلاستيدات خضر وتصبح جزءا من نسيج البناء الضوئى . وتنتشر الثغور المائية بكثرة بين النباتات النامية فى جو مشبع .

النباتات المتطفلة (١):

هناك تحورات تركيبية ظاهرة فى النباتات الوعائية المتطفلة والمترمة وآكلة الحشرات حيث يعتمد النبات كليا أو جزئيا على غيره من الكائنات . ولا توجد جذور النباتات الوعائية المتطفلة عادة الا فى مرحلة البادرة قبل الاتصال بالعائل . ومن الأمثلة المعروفة للنباتات المتطفلة الحامول^(٢) وكونوفوليس^(٣) وفيها تتصل للبادرة فى أطوار حياتها المبكرة بوساطة مصصات تتصل بالنسيج الناقل للعائل مباشرة . يتصل خشب ولحاء العائل مباشرة فى منطقة الاتصال ، ويمد العائل المتطفل بالماء والأملاح المعدنية والمواد الغذائية . ويتصل خشب ولحاء المتطفل اتصالا

Cuscuta (٢)

Parasites (١)

Conopholis (٣)

مباشرا مع خشب ولحاء العائل نتيجة لذوبان الأنسجة الخارجية للعائل بواسطة أنزيمات يفرزها المتطفل فقط عند الاتصال حيث تتكون الممصات (شكل ١٨٦ ب). ثم تنشأ بالمتطفل أنسجة وعائية ثانوية تساعد على استمرار الاتحاد مع أنسجة العائل الجديدة .

وتختزل كثيرا كل أنسجة البناء الضوئي في النباتات المتطفلة الحقيقية ، لا يبقى منها الا أجزاء أثرية ، وقد لا توجد بتاتا . كما تختزل الأوراق الى حراشيف في نباتات أخرى مثل الحامول وارسينونيام ^(١) ولا توجد مادة اليخضور في جميع أجزاء النبات . وقد يكون الحامول عددا كبيرا من الاتصالات بالعائل . وتتصل نباتات أخرى مثل كونوفوليس والهالوك ^(٢) بالعائل عند نقطة اتصال واحدة فقط ولكنها تتعمق كثيرا داخل العائل . وربما كون المتطفل محورا زهريا فقط في مثل هذه الأنواع . وهناك ، بجانب هذه النباتات الكاملة التطفل والتي تعتمد على العائل كلية في الغذاء والماء ، توجد أيضا نباتات أخرى تسمى نصف متطفلة ، وهي التي يبدو أنها تكون جزءا من غذائها الخاص رغم اتصالها المباشر بالأنسجة الوعائية للعائل . ومن أمثلتها المعروفة فيسكس ^(٣) وفورادندرون ^(٤) فيحصل المتطفل على الماء والأملاح المعدنية من العائل كلية . وربما كون المتطفل الكربويدرات ولو جزئيا . والأنسجة الوعائية في مثل هذه النباتات المتطفلة مختزلة كثيرا ، ويتكون النسيج الدعامي في السوق من الاسكلرنشيمة وحدها تقريبا .

النباتات المترمة ^(٥) :

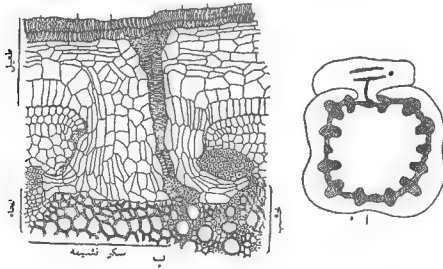
تشير كلمة مترمة كما يشيع استعمالها في النباتات الوعائية ، الى مجموعة من الأنواع النباتية خالية من اليخضور ، ويقال انها تحصل على غذائها من المواد العضوية المتحللة مثلما تفعل كثير من الفطريات . وكثير من هذه النباتات ، وربما كلها ، مرتبطة نوعا بالفطريات في أجزائها الأرضية . وترتبط الطريقة التي تتبعها هذه النباتات في الحصول على المواد الغذائية بشكل ما — ما زال غير مفهوم تماما — بالنشاط الفسيولوجي لهذه الفطريات . ولكن الواضح أن هذه النباتات ليست

Orobanche ^(٦)
Phoradendron ^(٤)

Arceuthobium ^(١)
Viscum ^(٣)
Saprophytes ^(٥)

مترمة تماما ، لأنها متكافلة على الأقل ، الى حد ما ، أو متطفلة على أنواع أدنى ، أو مرتبطة بها في غذائها . ولا يستحسن وصف هذه النباتات بالترمة حتى تدرس طرق تغذيتها دراسة تامة . وتركيب مثل هذه النباتات مختزل جدا عادة — الأوراق تشبه الحشيشية والسوق معظمها مختزلة الى محاور نورات . كما يلاحظ اختزال كبير وبساطة في التركيب الداخلى أيضا . فالخشب واللحاء قليلا الكمية ، وخلايا هذه الأنسجة غير مكتملة غالبا ، ويندر وجود الاسكلرنشيمة . وقد تكون الجذور كثيرة تامة التكوين بالنسبة للأجزاء الهوائية كما فى مونوتروبا ^(١) أو لا توجد ، حيث تحل محلها الرزومات كما فى كورا للوريزا ^(٢) . وإينما وجدت جذور ، فهي غريبة التركيب عادة . وتكون الجذور ذوات الشكل غير العادى بالاشتراك مع خيوط الفطرة المرتبط بها ، تكون الجذور فطريات ^(٣) .

وهناك نوعان من الجذور فطريات خارجية ، وهى التى يكون الغزل الفطرى فيها طبقة سطحية نوعا ، أو غلافا حول الجذور ، وداخلية ، وفيها توجد خيوط



(شكل ١٨٦)

اتصال مصصات المتطفل بالمائل . الحامول على الشيب ^(٤) . ١ ، شكل تخطيطى مبينا نظاما هربيا فى ساق المائل ، وقطاعا مائلا فى ساق المتطفل ، وقطاعا طوليا فى ممص مخترق المائل حتى أنسجة الوعائية ، ب ، جزء تفصيلى مبينا الممص والأنسجة المحيطة به . وتظهر الأنسجة الوعائية للمتطفل متصلة بمثيلاتها للمائل

Corallorrhiza (١)

Bidens (٢)

Monotropa (١)

Mycorrhiza (٢)

الفطر داخل أو بين الجذر . وتكون خيوط الفطر ، في الجذر فطريات الخارجية ، ما يشبه لحمه النسيج ، وتغليف كما يغلف القفاز الأصبع . ويتصل الغزل الفطري بالجذر اتصالاً تاماً ، كما تمر بعض الخيوط بين وحول خلايا البشرة وتحت البشرة . وتتخلل الخيوط الفطرية قليلاً بين الخلايا الخارجية في بعض الأنواع ، ولكنها تحيط بخلايا البشرة وعدة طبقات خارجية أخرى من القشرة ، في غيرها من الأنواع . وتظهر الجذريات المملوءة بخيوط الفطر بهذه الطريقة ، غير عادية التركيب — فليست لها قنسوات أو شعيرات جذرية ، ونموها في الطول محدود وهي لحمية ، أنسجتها الناقلة مختزلة للغاية . وقد تتضخم الجذور في الجذر فطريات الداخلية وتصيح لحمية ، ولكن الأنسجة الوعائية مختزلة بدرجة أقل . وتقتصر خيوط الفطر على جزء خاص من القشرة عادة ، حيث تظهر طبقة محدودة من الخلايا المصابة . وتبدو العلاقة غامضة بين النباتين إذا كان النبات الجذري غير أخضر .

وتظهر الجذر فطريات على كثير من النباتات الخضراء أيضاً ، وهي معروفة في كثير من أجناس أشجار الغابات ، وفي كثير من نباتات الأراضي الدبالية .

وما زالت العلاقة بين الفطر والنبات الوعائي غير مفهومة ، ويحتمل أن يكون تطفل فطريات بزيدية على نبات أخضر . وربما وجد تكافل في بعض الأنواع الداخلية .

ويعتبر ما سبق ذكره ملخصاً لبعض التحورات التركيبية في النباتات . أما التفاصيل فلا يمكن حصرها عدداً أو نوعاً . ويمكن مقارنة تركيب هذه النباتات بالنباتات الوسطية .

المراجع — REFERENCES

- CLEMENTS, E. S. : The relation of leaf structure to physical factors, *Trans. Amer. Micro. Soc.*, **26**, 19-102, 1905.
- CONSTANTIN, J. : Études sur les feuilles de plantes aquatiques, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **3**, 94-162, 1886.
- DUFOUR, L. : Influence de la lumière sur la forme et la structure des feuilles, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **5**, 311-413, 1887.
- HABERLANDT, G. : Anatomisch-physiologische Untersuchungen über des tropische Laubblatt, II. Ueber wasserseceernirende und -absorbirende Organe, *Sitzungsb. Math. Naturwiss. Classe Kats. Akad. Wiss. Wien.*, **103**, 489-538, 1894. **104**, 55-116, 1895.
- HANSON, H. C. : Leaf structure as related to environment, *Amer. Jour. Bot.*, **4**, 533-560, 1917.
- HAYDEN, A. : The ecologic foliar anatomy of some plants of a prairie province in central Iowa, *Amer. Jour. Bot.*, **6**, 69-85, 1919.
- LECLERO DU SABLON : Recherches sur les organes d'absorption des plantes parasites (Rhinanthées et Santalacées), *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **6**, 90-117, 1887.
- MCDUGALL, W. B. : On the mycorrhizas of forest trees, *Amer. Jour. Bot.*, **1**, 51-74, 1914.
- SAUVAGEAU, C. : Sur les feuilles de quelques monocotylédones aquatiques, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **13**, 103-296, 1891.
- SCHENCK, H. : Ueber das Aërenchym, in dem Kork homologes Gewebe bei Sumpfpflanzen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **20**, 525-574, 1889.
- : Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse, *Bibl. Bot.*, **1**, 1-67, 1886.
- SCHIMPER, A. F. W. : "Plant Geography upon a Physiological Basis," Engl. trans., Oxford, 1903.
- STARR, A. M. : Comparative anatomy of dune plants, *Bot. Gaz.*, **54**, 265-305, 1912.
- WARMING, E. : "Ecology of Plants," Engl. trans., Oxford, 1909. (Extensive bibliography.)
- WOODHEAD, T. W. : Ecology of woodland plants in the neighborhood of Huddersfield, England, *Jour. Linn. Soc. Bot. London*, **37** 333-406, 1906.

دليل المصطلحات

(١) انجلىزى - عربى

(A)		pit-pair	نقرة مزدوجة
		rays	اشعة
Abies	تنوب	vessel element	عنصر وعائى
stem apex	قمة الساق	Aceraceae	الفصيلة الاسفندانية
trabeonlae	زوائد جداريه	leaf trace	مسير الورقة
wood	خشب	Achene	فقيرة
Abscission	انفصال	pericarp	غلاف ثمرى
floral parts	الاجزاء الزهرية	seed coat	غلاف البذرة
leaves	اوراق	Achras	سبوت
phloem	لحاء	latex	لبن نباتى
stem	ساق	chicle	علك
zone	منطقة	periderm in fruit	قلف الثمرة
Absorption	امتصاص	Acorus	عود الوج
root hairs	شعيرات جذرية	vascular bundle	حزمة وعائية
epidermis	بشرة	(المجموع الوعائى) الجهاز الوعائى	
Abutilon	ابوطيلون	vascular system	
collenchyma	كولنشيمية	Adlumia	ادلومية
Acacia	سنط	Adnation	التحام
Acer	اسفندان	Aerenchyme	نسيج تهوية
bark	قلف	Aeschynomene	شجر الحفاف
cuticle	ادمة	Aesculus	قسطنة - اسكولس
fruit	ثمرة	plasmodesmata	روابط بلازمية
leaf abscission	انفصال الورقة	endosperm	اندوسپرم
منطقة التحول بين الجذر والساق		Agathis	اجاث
root-stem transition		abscised branch	فرع منفصل
wood	خشب	heartwood	خشب صمىمى
تعرق الخشب - تجزع الخشب		kauri gum	صمغ الكاورى
grain of wood		كمبيوم مسير الورقة	
parenchyma	برنشيمية	leaf-trace cambium	
رقت نخاعية شعاعية		resin	راتنج
pith-ray flecks			

Agave	سيسل	Amelanchier	مشملة
Agrimonia	غافث	petal	بتله
	خلايا الأشعة اللحائية	Amentiferae	امنتفرا
phloem-ray cells		Amygdalus	لوز
	كمبيوم بين حزمى اثرى	Ananas	اناناس
vestigial interfascicular cambium		Anastomosis	التحام
		Anchusa	انخوسة
Agrostia	أروا	corolla	تويج
sclerenchyma	سكلرنشيمة	Andromeda	اندروميده
Ailanthus	شجرة السماء	Anemarrhena	اينمارهينا
starch	نشأ	Angelica	حشيشة الملاك
Air chambers	غرف هوائية	oil canal	قناة زيتية
Ajuga	عرسف	petiole bundle	حزمة عنقية
Alburnum (sapwood)	خشب رخو	Angiosperms	كاسيات البذور
Aleurone grain	حببيه اليرونية	anomalous structure	تركيب شاذ
Alkaloids	قلوانيات	collateral bundle	حزمة جانبية
Allium	جنس البصل	companion cell	خلية مرافقة
	مرستيم بينى	endodermis	اندودرمس
intercalary meristem		fiber	ليفة
Almond	لوز	gelatinous	جيلاتينى
Alnus	حورة (النوس)	leaf gap	فرجة ورقية
	أشعة خشبية متجمعة		خلية شعاعية حافية
aggregate xylem rays		marginal ray cell	
Aloe	صبار		اصل الجذور الجانبية
cambium	كمبيوم	origin of lateral roots	
periderm	قشرة فلينية		استدامة الأوراق
Alsinastrium	السيناستروم	persistence of leaves	
Alstroemeria	الستروميريا	internal phloem	لحاء داخلى
inferior ovary	مبيض سفلى	primary phloem	لحاء ابتدائى
Amaranthaceae	فصيله عرف الديك	tracheid	قصيبة
accessory cambium	كمبيوم اضافى	protoxylem	خشب اول
medullary bundles	حزم نخاعية	root apex	قمة الجذر
Amaryllis	امرلس	stem apex	قمة الساق
seed coat	غلاف البذرة	tyloses	تيلوز
		Annual ring	حلقات سنوية

Anther wall	جدار المتك	امتداد مسير الورقة	
Anthocyanin	صبغ الانثوسيانين	Extention of leaf trace	
	نظرية الخلية القمية	كمبيوم مسير الورقة	
Apical-cell theory		Leaf-trace cambium	
Apical cell	الخلية القمية	اوراق مستديمة	
Axis	المحور	Persistent leaves	
Floral apex	الطرف الزهري	Arceuthobium	جنس ارسيتوبية
Apical meristems	المرستيم القمي	Arctium	جنس الاركتيوم
	خلايا اللحاء الاول البالغة	Arisaema	ذخف
mature cells of protophloem		Chromoplast	بلاستيده ملونة
initial	بداءه	Chloroplast	بلاستيده خضراء
Apios	بقلة الارض	Aristolochia	جنس الزراوند
Apium	جنس البقدونس	Anomalous stem	ساق شاذة
Aplectrum	جنس الكترة		مسير البتلات المقودة
Apocynaceae	الفصيلة الابوسينية	Traces to lost petals	
	النمو الانحشاري	Aristolochiaceae	فصيلة الزراوند
Intrusive growth		Artemisia	جنس الشيح
	انبوبة لبنية بسيطة	Artocarpus	شجرة الخبز
Nonarticulate latex duct		Asarum	اسارون
Aponogeton	زعرور الماء	Asclepiadaceae	فصيلة العشارية
Appendages	زوائد	Asclepias	جنس العشار
Apple	تفاح		الجهاز الوعائي الابتدائي
Pyrus malus		Primary vascular system	
Apposition	تراكب	Asimina	جنس البباو
	نباتات مائية	Asparagus	جنس الهليون
Aquatic plants (Hydrophytes)		Aspidium	مرخس اسبيديوم
Aquilegia	اخيليا		الهيكل الوعائي في الورقة
Follicle	ثمرة جرابية	Vascular skeleton of leaf	
Araceae	فصيلة القلقاس	Aster	اسطر
Venation	تعرق		انضغاط الانسجة الخارجية
Aralia	اراليا	Compression of outer tissues	
Araucaria	اروكاريا	Aubdielia	اوبريشيا
	برنشيمة الخشب	Avena	جنس الشوفان
Wood parenchyma			محور هوائي وارضى
Compression wood	خشب كس	Axis, aerial and subterranean	

نشوء (الفرد او العضو)	Vessel element	منصر وعائى
Ontogeny	Bidens	جنس الحسيكة
(B)	Host to <i>Cuscuta</i>	عائل للحامول
Balsaminaceae	Bignonia	جنس البجنونيا
Banana (see Musa)	Binucleate cells	خلايا ثنائية النواة
Banksia	Birch (see <i>Betula</i>)	تامول
Bark		جوز اسود
Exfoliation of	Black walnut (see <i>Juglans</i>)	توت شوكى
Ring bark	Blackberry (see <i>Rubus</i>)	جنس البليفليا
Scale bark	Blephilia	التحام الكاس
Bars of Sanio	Fusion in calyx	آس برى
Bast		Blueberry (see <i>Vaccinium</i>)
Bauhinia	Boraginaceae	فصيلة لسان الثور
Beet (see Beta)	Medullary sheath	غلاف نخامى
Begonia		نقرة مضفوفة مزدوجة
Root germs	Bordered pit-pair	ندبة فلينية
Berberidaceae	Scar periderm	قواعد الفروع
Berries	Branch bases	انطمار
Epidermal cells	Burial of,	فرجة الفرع
Beta	Branch gap	مسير الفرع
Betula	Branch trace	شجرة المطاط البرازيلية
انفصال الاوراق		Brasilian rubber tree (see <i>Hevea</i>)
Abscission of leaves	Bryophyllum	جنس البريوفيللم
Annual rings	Bryophytes	حزازيات
Cork cells	Apical cell	خلية قمية
Lenticel	Bud scales	حراشيف برعمية
Phellem	Secretory cell	خلية افرازية
Clustered vessels	Budding	برعم
تجزع او تمزق تجمدى		نهايات الخرم فى الاوراق
Curly grain	Bundle ends in leaves	غلاف الخزمة
ring porous	Bundle sheath	تضخمات - انتفاخات
خشيب حلقى المسام	Burls	
خشيب منتشر المسام		
Diffus-porous		
Heartwood		
خشيب صميمى		

(C)	Canna	جنس الكانا
Cactaceae	Cannabis	جنس القنب
جنس المرموزة (دمشقية)	Caprifoliaceae	فصيلة البيلسان
Calceolaria		مسيرات الكرلة المفقودة
Callus	Traces to lost carpel	
Sieve elements	Vestured pits	نقر مكسوة
Calocarpum	Carica	جنس الباباظ
Calycanthaceae		بللورة متجمعة - بللورة نجمية -
Calycanthus	Druse	بللورة وردية
Calyptragen	Caricaceae	فصيلة الباباظ
Calyx		انبوبة لبنية مركبة
Cambium	Articulate latex duct	
Accessory		نباتات آكلة اللحوم أو لواحم
Grafting	Carnivorous plants	
Fascicular	Carotenes, carotins	كاروتينات
رقعة نقرية ابتدائية		كاروتينويدات - أصباغ كاروتينية
Primary pit-fields	Carotinoids	أشباه كاروتين
بين حزمي	Carpels	كرابل (ومفردها كربة)
Interfascicular Cambium	Bundle fusion	التحام الحزم
ذوات الفلقة الواحدة	Syncarpy	التحام الكرايل
Monocotyledons	Carpinus	جنس الكارينوس
كمبيوم طبقي - مصفوف	Aggregate rays	أشعة متجمعة
Storied Cambium	Carrot	جزر
Cambium miners	Carya	جنس الكاريا
Campanulaceae	Bundle sheath	غلاف الحزمة
فراغات شبه قنوية	nut shell	قشرة بندقة
Canal-like cavities	root cuttings	مقل جذرية
فراغات رحيقية حاجزية	libriform fibres	الياف مستدقة
Septal nectaries	Caryophyllaceae	الفصيلة القرنفلية
Simple pits		المسيرات الأنثوية في الزهرة
Canals	Vestigial traces in flower	
resin canals	Casparian dots	بقع كسبارية
قنوات راتنجية	strips	أشرطة كسبارية
	Castanea	جنس الكستناء

التعرق الجمعدى فى الخشب	gross structure	تركيب اجمالى
Curly grain in wood	mineralization	تتمعدن
تحمل الخشب - احتمال الخشب	minute structure	تركيب دقيق
Durability of wood	sclereids	خلايا حجرية
Inflorescence	sculpture	نحت ، خرفشة
كمبيوم فلىنى - كمبيوم الفلين	septa in fibre-tracheids	حواجز فى القصيبات الليفية
phellem	silica	سيليكيا
Secondary phloem		خلايا حصوية - خلايا صلبة
Castilloa	grit cells	خلايا دائمة
Casuarina	permanent cells	خلايا للحاء الوالدة
Catalpa	phloem mother cells	خلايا الأشعة اللحاءية
خشب حلقى المسام	phloem ray cells	خلايا الخشب الوالدة
ring-posses wood	xylem mother cells	سيلوز
برنسيمية حول وعائية	Cellulose	ترتيب الليوفات فى جدار الخلية
Vasicentric parenchyma		orientation of fibrils in cell wall
Caulophyllum		Central cylinder
جنس آذان الاسد		الاسطوانة المركزية
Coiba	Centrospermae	مركزية البدور
جنس الكابوك	Cephalanthus	سيفالانثس
Celastrus	Ceroxylon	جنس نخل الشمع
جنس سلاستروس	Chenomeles	جنس الكينوميلس
Celery Apium	Chenopodiaceae	الفصيلة الزمرامية
كرفس		جنس الرومات - الزريخ
Cell	Chenopodium	الجهاز الوعائى الابتدائى
خلية		primary vascular system
Albuminous		كرز
زلالية		ابو فروة - كستنا
Annular		كيميرات
حلقى		محيطية
Cambiform		
كمبيومية الشكل		
inclusions		
محتويات		
passage cell		
خلية مرور		
cell plate		
صفحة خلوية		
cell sap		
عصير خلوى		
خلية انتقال - خلية موصلة		
transfusion cell		
جدار الخلية		
Cell wall		
تفلظ بالطرد المركزى - تفلظ للخارج		
Centrifugal thickening of		
الطبيعة الكيميائية		
chemical nature		
تسنن		

Chionanthus	جنس زهرة الثلج	Collenchyma	كونشيسمة
Chlorophyll	يخضور	Cortex	قشرة
Chloroplasts	بلاستيدات خضراء	Hydrophytes	نباتات مائية
	خلية النسيج المتوسط	Columella	عميد
mesophyll cell		Combretum	جنس العسمة
Todea	جنس التوديا		لحاء بين خشبي
Chondriosomes	السبحيات	interxylary phloem	
Chromoplasts	بلاستيدات ملونة		فصيلة الوعلان (أو الكوملين) -
	جنس الكريزاثيم - الأراولة		الفصيلة الوعلانية .
Chrysanthemum		Commelinaceae	
Cinnamon	نبات القرفة	Companion cells	خلايا مرافقة
Circaea	جنس المشرق	Compositae	الفصيلة المركبة
Citruillus	الحنظل		التلجنن في اللحاء
	جنس الموالح - جنس الحمضيات	lignification in phloem	
Citrus		seed coat	غلاف البذرة
lysigenous glands	غدد انقراضية	Conduction	توصيل
oil cavity	فراغ زيتي	Coniferae	المخروطيات
pulp	لب		نقر مضفوفة مزدوجة
Clarkia	جنس كلاركيا	bordered pit pairs	
	جنس ياسمين البر - كلماتس		نقوب في غشاء النقرة
Clematis		perforations in pit membranes	
	لحاء كامن	tylosoids	تيلوزيدات
Clethra	جنس كليثرة	Conjunctive tissue	نسيج ضام
Closing membrane	غشاء غالق	Conopholis	جنس كونوفولس
Club mosses	الحزازيات الصولجانية	Convolvulaceae	الفصيلة العليقية
	خارجي الخشب الأول	Convolvulus	العليق
exarch xylem		Copernicia	نخلة الشمع
	عمود وعائي أولى - عمود وعائي	Corallorrhiza	جنس الكورالوريزا
protostele	مصمت	Cordyline	جنس زنبق النخيل
Coconut	نارجيل		فلين طبقي - مصفوف
Cocos	جنس النارجيل	storied cork	
rhytidome	القف	Coreopsis	جنس كوريوبسيس
Cohesion	تماسك - التصاق	Cork	فلين
Coleus	كوليوس	cambium	كمبيوم فليتي

Cork oak	بلوط الفلين	primary skeleton	هيكل ابتدائي
Quercus suber	بلوط الفلين	Cucurbitaceae	الفصيلة القرعية
Cornus	جنس القرونوس	حزمة وعائية ثنائية اللحاء	
ray cells	خلايا شعاعية	bicollateral vascular bundle	
Corolla	تويج	placental	مشمعي
reduction	اختزال	Curcuma	جنس الكركم
Corpus	جسم	Cuscuta	جنس الحامول
Cortex	قشرة	Cuticle	اذمة
bundles of	حزم القشرة	Cuticular pegs	بروزات ادمية
	تقوم بالبناء الضوئي	Cuticularization	تأدم
photosynthetic		Cutinization	تكوين
تسوير الخلايا الابتدائية			نباتات عشبية من ذوات الفلقة
senberization of primary cells		Herbaceous monocots	الواحدة
tannin	تانيين		جذور النباتات التريدية
Corylus	جنس البندق	Roots of Pteridophytes	
Cotoneaster	جنس كوتونستر	xerophytes	نباتات جفافية
Cotton fibres	الياف قطن	Cycads	السيكاديات
Crassulaceae	الفصيلة الكرسولية	girdling traces	مسيرات حازمة
Crasulae	جنس كرميولا	Cycas	سيكاس
Crataegus	جنس الزعرور	Cyperus	جنس السعد
Crotch angles	زوايا هلالية	Cypripedium	جنس السبيريديوم
Cruciferae	الفصيلة الصليبية	Cystolith	حجر التوازن
Crushing of cortex	سحق القشرة	Cytoplasm	سيتوبلازم
تشوه الأنسجة (التواء)		(D)	
distortion of tissues		Dalilarda	جنس الداليلاردا
Cryptogramma	مرض كريبتوجراما	ovary	مبيض
Cryptomeria	جنس كريبتوميرية	Dandelion(Taraxacum)	هندباء برى
Cryptostegia	جنس كريبتومستجية	Darbya	جنس الدرية
Crystal sand	رمل بللوري	Dasylixion	دازيليريون (ابرة آدم)
Crystalloids	بلوراتيات	Date	نخيل البلح
protein	بروتين	Daucus	جنس الجزر
Cucumis	جنس المقات		نباتات سلية - مرداء (متساقطة
Cucurbita	جنس القرع	Deciduous plants	الأوراق)

Decodon	جنس الديكون	digestive gland	غدة هضمية
Defoliation	انجراد الأوراق	Drupe	حسلة
growth-ring	حلقة نمو		بللورات متجمعة - بللورات وريدية -
Dehiscence	تفتح	Druses	بللورات نجمية
Delphinium	جنس العايق	Dry fruits	ثمار جافة
Dermatogen	منشئ البشرة	pericarp	غلاف الثمرة
Dianthera	جنس الديانثيرة	Duabanga	جنس الدوبانجة
Diaphragm	حجاب - حاجز	Duchesnea	جنس الدوشسنة
Dictiptera	جنس الطونة	achene	ثمرة تقرة
Dicotyledons	ذوات الفلتين	Dulichium	جنس الدوليكيم
bundle ends	نهايات الحزم		جهاز وعالي ابتدائي
endodermis	اندودرمس	primary vascular system	خشب صممي
medullary bundles	حزم نخاعية	Duramen (heart wood)	
اندودرمس ابتدائي			
primary type endodermis		(E)	
root apex	قمة الجذر	Ebony	أبنوس
twig	فرع	Ecological anatomy	تشریح بيئی
xerophytic stem	ساق جفافية	epiphytes	نباتات عالقة
Dictyostele	عمود وعالي شبكي	parasites	متطفلة
Differentiation	تمييز - تنوع	saprophytes	رمية
جنس ديجيتال (أصبح العذراء)		shade leaves	أوراق ظل
Digitalis		Elatine	جنس الفلفل المائي
جنس ديونيا - خناق اللذاب		Elongation	استطالة
Dionaea		xylem maturation	نضج الخشب
Dioscoreae	فصيلة ديوسقوريدوس	protophloem	لحاء أول
جنس الأبنوس		protoxylem	خشب أول
Diospyros (Persimmon)		Elymus	جنس حشيشة اليم
fusiform	مفرلية	Embryos	جنين
cell arrangement	ترتيب الخلايا	Emergence	يزوغ - ظهور
Dipsacus	جنس مشط الراعي	Endocarp	الجدار الداخلي للثمرة
Ditca	جنس دركا	Endodermis	اندودرمس
Distortion	تشويه - التواء	Endosperm	اندوسبرم
Dracaena	جنس دراسينا	exalbuminous	لا اندوسبرمية
Drosera	جنس ورد الشمس	borny	قرني

Entada جنس انتادة
نباتات آكلة الحشرات
Entomophilous plants
Environment بيئة
aquatic مائي
mesophytic وسطى
Enzyme انزيم
gummosis تصمغ
هاضمة للبروتينات
protein-digesting
secretion افراز
Ephedra جنس العمد - عذم
biseriate ثنائية الصفوف
multiseriate متعددة الصفوف
lignification تلجنين
Epidermis بشرة
نشأة النسيج الهوائي
origin of aerenchyma
xerophytic leaves اوراق جفافية
Epigaea جنس زهرة مايو
Equisetum جنس ذيل الحصان
مرستيم بينى
intercalary meristem
ترسب الاملاح على جدر الخلايا
mineralization of cell walls
Ergastic substances مواد ابيضية
Ericaceae الفصيلة الخلنجية
placental bundles حزم مشيمية
Erythrina جنس ارثرينا
Eucalyptus جنس يوكالبتس
جنس يوتيفوس (عرقية الراهب)
Euonymus
Eupatorium يوباتوريوم - الغافث

جنس السوسب - يتوع
Euphorbia
الفصيلة الموسبية
Euphorbiaceae
مراحل التعدد النوى للعناصر
الوعائية
multinucleate stages of vessel
elements
nectaries غدد رحيقية
Evergreen trees اشجار دائمة الخضرة
Exfoliation of bark تقشر القلف
Exocarp الجدار الخارجى للثمرة
Exodermis اكسودرميس
Expansion theory نظرية التمدد
(F)
Fagaceae فصيلة الزان
Fagus جنس الزان
scleroids استكريدات
Fats دهون
Ferns سراخس
amphicribal محيطية اللحاء
خشب وبسطى الخشب الاول
mesarch xylem
mucilage مخاط
stellar type نوع العمود الوعائى
Festuca جنس العكرش
Fibre-tracheid قصيبة ليفية
septate مجزا - مقسم
fibril ليفية
Fibers الياف
bast fibre ليفة لحائية
(development of) تطور
gelatinous wall جدار جيلاتينى

ليفه خشبية مستدقة
 libriform wood fibre
 pericyclic fibre الياف بريسىكل
 sheaths of اغلفة
 قصبىات الخشب المتأخر
 latewood tracheids
 حزمة وعائية ليفية
 Fibrovascular bundle
 Ficus جنس التين
 Flavones أصباغ الفلافون
 Flax (Linum) كتان
 Fleshy fruits ثمار غضة
 ripening نضج
 stony layer الطبقة الحجرية
 texture of قوام
 Floerkia جنس فلوركيا
 Floral apcx قمة زهرية
 appendages زوائد زهرية
 Flower زهرة
 apetalous عديدة البتلات
 unisexual وحيدة الجنس
 vascular skeleton هيكل وعائى
 vascular structure تركيب وعائى
 Foliar traces مسيرات ورقية
 Follicle ثمرة جرابية
 Food storage ادخار الغذاء
 قشرة ثانوية - فلودرم
 phelloderm
 Forsythia جنس فورسىثيا
 Fossil plants نباتات حفورية
 polysteles تعدد العمود الوعائى
 عمود وعائى اولى - عمود وعائى
 protostele مصمت
 Fragaria جنس الشليك

Fraxinus جنس المران
 Freesia جنس فريزيا
 Frost صقيع
 تراكيب اضافية
 accessory strcures
 Fruit ثمرة
 ثمرة متضاعفة (متجمعة)
 multiple
 ontogeny نشوء تكوينى
 winged مجنحة
 Fumaria جنس فوماريا
 Fundamental tissue نسيج أساسى
 Fungus فطره
 تآكل فى الجدار الخلوى
 erosion in cell wall
 mycorrhizae جذر فطريات
 Fusion (adnation) الالتحام
 cohesion تماسك - التصاق
 الهيكل الوعائى الزهرى
 floral vascular sketon
 (G)
 Gall ورم - (ثؤلولة)
 Glautheria جنس جلاثيريا
 Gaylussacia جنس جايولوساكيا
 glandular hair شعيرة غدية
 Gentiana جنس الجنطيان
 فصيلة الجنطيان (الكوشادية)
 Gentianaecae
 Geum جنس حشيشة المبارك
 كمبيوم بين حزمى اثرى
 vestigial interfascicular cam-
 bium
 جنس شجرة المعبد - جنكجو
 Ginkgo

Glands	غدد	نمو بعيد عن المركز — نمو للخارج
digestive	غدد هاضمة	centrifugal
	نفر مائي — نفر دمعي	gliding or sliding
hydathode		نمو انزلاقي
laticiferous ducts	قنوات لبنية	intrusive
nectaries	غدد رحيقية	نمو انحصاري
gum ducts	قنوات صمغية	انطمار قواعد المسيرات الورقية
Gleditsia	جنس جلدتسيا	burial of leaf trace bases
	شعيرات جذرية دائمة	symplastic
persistent root hairs		نمو جماعي
Gliding growth	نمو انزلاقي	Growth ring
Gentales	رتبة العليديات	حلقة نمو
Gossypium	جنس القطن	layer
Graft hybrid	هجين تطعيمي	طبقة نمو
Grafting	تطعيم	false growth
Grain in wood	تعرق الخشب	نمو كاذب
birds eye	تعرق عين الطائر	Guaiacum
Curly	تعرق جمدي	جنس جواياكم
silver	تعرق فضي	Guard cell
spiral	تعرق حلزوني	خلية حارسة
Gramineae	الفصيلة النجيلية	Gummosis
	التسوير الثانوي	تصمغ
secondary suberisation		Gums
		اصماغ
Grasses	النجيليات	Gymnocladus
meatome sheath	غلاف الحزمة	جنس شيكو
	حرنكش (القوطة)	نباتات عاريات البذور
Ground cherry (phsalis)		Gymnosperms
Growth	نمو	albuminous cell
apical	نمو قمى	خلية زلالية
	انتظام الخلايا — انضباط	عمود ومائي قنوى خارجي اللحاء
cellular adjustment		ectophloic siphonostele
	نمو في اتجاه المركز — نمو للداخل	غشاء نقرى مثقب
centripetal		perforated pit membrane
		نسيج ناقل
		transfusion tissue
		(H)
		Hairs
		شعيرات
		multicellular
		عديدة الخلايا
		stinging
		لاذمة — لاسعة
		Halophytes
		نباتات ملحية
		Haustoria
		ممصات
		جنس هيدرا (حبل المساكين
		(Hedera Helix
		مبيض سفلى
		inferior ovary
		جنس عباد الشمس
		Helianthus

جنس الهليوتروب - جنس الرهاب	تشبع الخشب
Heliotropium	Impregnation of wood
H. luteum الرهاب	Inclusions محتويات
H. europaeum حشيشة العقرب	Inflorescence نورة
Helleborus جنس الحريق	nitrogenous نيتروجينية
Hemicellulose نصف سليلوزية	supra axillary فوق ابطى
Hemlock الشوكران	Initial of cambium بداءة الكمبيوم
Hemp : Cannabis Sativa قنب	نباتات آكلة الحشرات
Herbaceous plants نباتات عشبية	Insectivorous plants
Hevea جنس هيفيا	Integument غلاف البويضة
Hevea Braziliensis شجرة المطاط	طبقة بين خلوية - طبقة بينية
Hibiscus جنس هبسكس	Intercellular layer
Hilum سرة	Intercellular space مسافة بينية
Histogen منشئ الأنسجة	substance مادة بين خلوية
theory نظرية نشوء الأنسجة	Internode سلامة
Horsetails نباتات ذيل الحصان	تناهيتها في الصفر في القمة الزهرية
جنس حشيشة الدينار - جنس	telescoping in floral apex
Humulus الجنجل	حاء بين خشبي - لحاء بيني
ثغور دمعية - ثغور مائية	Interxylary phloem
Hydathodes	Intracellular fluid سائل خلوي
Hydrastis جنس ادراستس	لحاء داخلي
جنس روكاري ومنه قاتل الضفدع	Intraxylary phloem (internal)
Hydrocharis (H. moreus-ranae)	Intrusive growth نمو انحصاري
Hydrophytes نباتات تنمائية	Intussusception ادماج
Hypericaceae فصيلة رمان الانهار	Invasion theory نظرية الغزو
Hypericum جنس رمان الانهار	Ipomoea جنس الايپوميا
Hypodermis تحت بشرة	Iresine جنس ايرزين
(I)	Iridaceae الفصيلة السوسنية
I-beam structure تركيب كبرى	Iris جنس السوسن
Ice crystals بالورات ثلجية	inverted bundle حزمة مقلوبة
Impatiens جنس الجزاع	Isoetes جنس الايزوتيس
حزم وعائية منفصلة	(J)
discrete vascular bundles	Jeffersonia جنس جفرسونيا
(٣٤)	Juglandaceae الجوزية

Juglans	جنس الجوز	girdling	مسرات ورقية حازمة
	نخاع ذو حواجز	rupture	تمزق - تهتك
diaphragmed pith			جنس الكرسيا (حشيشة البركة
Jujube	عنا ب	Leersia (L. oryzoides)	
Zizyphus	جنس النبق	Legume	قرن
	فصيلة السامرية - الأسلية	Leguminosae	الفصيلة القرنية
Juncaceae		Lenticel	عديسة
(K)		closing cells	خلايا غائقة
Kapok	كابوك	layer	طبقة غائقة
Kauri gum	صمغ الكاوري	complementary cells	خلايا مفككة
	جنس كيريا (ورد الصيف)	tissue	نسيج مفكك
Kerria (K. japonica)		Lenticular	عديسي الشكل
Kinoplasm	كينوبلازم	scale	حرفشة عديسية
	أجسام كنيوبلازمية		جنس لبيديوم (مسواك الراعى
Kinoplasmasomes		Lepidium (L. latifolium)	
Knots in lumbar	عقد في الخشب	Leptocarpus	جنس الليبتوكاربوس
Krugiodendron	جنس الكرج	Leucoplasts	بلاستيدات عديمة اللون
(L)		amyloplast	بلاستيدات نشوية
Labiatae	الفصيلة الشفوية	elaioplast	بلاستيدات زيتية
Lactuca	جنس الخس	Lianas	المتسلقات (الخشبية)
Lacunae	فراغات	Lignification	تلجنين
Larix	جنس اللاركس	Lignin	لجنين
Latex	لبن نباتي	Lignocellulose	سليولوز لجنيني
Lathyrus	جنس بسلة الزهور	Lignosuberin	سوبرين لجنيني
Lattices	بقع شبكية		خشب الانبياء
	الفصيلة الغارية او اللورية - او	Lignum vitae (Guaiacum)	
Lauraceae	الرندية	Ligule	لسين
Leaf	ورقة	Lilac (Syringa)	نبات ليلاك
phyllotaxy	الافتراق الزاوي	Liliaceae	الفصيلة الزنبقية
gap	فرجة ورقية	Lillies	الزنبقيات
	بريدرم الندبة الورقية	Lili flvae	رتبة الزنبقيات
Leaf scar periderm		Linum	كتان
Leaf traces	مسرات ورقية	procambium	كمبيوم اولى
		Liquidambar	جنس الليمعة السائلة

ليريودندرون - شجرة الزنق	heavy wood	خشب ثقيل
Liriodendron		خشب صمغى رطب
bud scales	wet heartwood	
winter buds	Malvaceae	الفصيلة الحجازية
Lobelia		مصدر الألياف اللحائية
جنس لوبيلية	source of « bast »	
Lonicera	Mangifera	جنس المانجو
جنس لونيسرا	Mango	مانجو
Lumen of the cell	Manila hemp	تيل مانيلا
تجوف الخلية	Marattia	جنس المراتيا
Lychnis	Maturation	نضج - بلوغ
جنس لحنيس	acropetal	قمى
Lycopersium	basipetal	قاعدى
جنس الطماطم	physical changes	تغيرات طبيعية
Lycopodium		تغيرات كيميائية
جنس ليكوبوديوم	chemical changes	
Lycopsidea	Medeolae	جنس مديولا
رتبة ليكوبسيديا	جنس النفل - جنس البرسيم	
فراغات انقراضية	Medicago	الحجازى
Lysigenous cavities		حزم نخاعية
ducts	« Medullary » bundles	
قنوات انقراضية	Medullary ray	شعاع نخاعى
Lysimachia	vines	كرودم
جنس ليسيماخيا	Medullary sheath	غلاف نخاعى
Lythraceae	Medullary spots	بقع نخاعية
الفصيلة الخنائية	Melastomaceae	فصيلة الساذج
Lythrum	cortical bundles	حزم قشرية
جنس ليثروم	Melilotus	جنس الحندقوق
(M)	Menispermum	جنس منسبرم
جنس مكلورا - شجرة القش	Meristem	مرستيم
Maclura (M. pomifera)	embryonic	مرستيم جنينى
حاجز غربالى - صفحة غربالية	file	مرستيم صفى
sieve plate	ground-tissue	مرستيم النسيج الاساسى
Magnolia		
جنس مانوليا		
Magnoliaceae		
الفصيلة المانولية		
شجرة الماهوجنى		
Mahogany (Swietenia)		
خلية ملبيجى		
Malpighian cell		
Malus pumila		
تفاح		
rooting		
اتبثاق الجذور		
نسج افرازى فى الغدة الرحيقية		
secretory tissue in nectary		
هيكل وعائى زهرى		
vascular floral skeleton		

marginal	مرستيم حافى	Mirabilis	جنس شب الليل
	مرستيم بدائى - اولى	Mitchella	جنس متشل
« primordial »		Mitochondria	سبحيات
rib	مرستيم ضلعى (شريطى)		جنس شامى الجبل أو موناردا - جنس
	التميز والتطور التركيبى	Monarda	برغود
structural development and differentiation			نباتات وحيدة الفلقة
	نظرية البدن والفلاف	Monocotyledons	
tunica-carpus			مرستيمات بينية
	مرستيم بدائى أو اولى	intercalary meristems	
« Urmeristem » (promeristem)		protective layers	طبقات واقية
أنسجة مرستيمية			غدد رحيقية حاجزية
Meristematic tissues		sepal nectaries	
	لحاء أول تام النمو	Monostele	عمود وعائى وحيد
mature protophloem		Monotropa	جنس مونوتروبا
Mesocarp	غلاف ثمرى وسطى	Moraceae	الفصيلة التوتية
Mesophyll	النسيج المتوسط		جدور مورفولوجية
cotyledon	فلقة	« Morphological roots »	
	برنشمية اسفنجية وعمادية	Morus	جنس التوت
spongy and palisade parenchyma		Motor cell	خلية حركية
	أوراق النباتات الوسطية	Mucilages	مواد مخاطية
mesophytic leaves		Musa	جنس الموز
	أوراق النباتات الجفافية	Musaceae	الفصيلة الموزية
xerophytic leaves		Mycorrhizae	جلد فطريات
Mesophytes	نباتات وسطية		جنس ميركا - جنس شجرة الشمع
Mestome sheath	غلاف الخزمة	Myrica	
Micellae	ميسلات		جنس الخزنبل - أو الميروفيلم
Middle lamella	الصفحة الوسطى	Myriophyllum	
	استعمال غير دقيق للاصطلاح	Myrtaceae	الفصيلة الاسية
loose use of the term		(N)	
	ترسيب معدنى على جدار الخلية	Narcissus	جنس النرجس
Mineralization of cell wall			جنس نبنش - جنس نابنط
Mints	نباتات النعناع	Nepenthes	
		Nepeta	جنس النابطة

Nettles	نباتات الحريق	(P)	
Urtica		Palms	نخيل
جنس الدخان - جنس الطباقي		Papaveraceae	الفصيلة الخشخاشية
Nicotiana		Papaya	الباباظ
Node	عقدة	Parasites	متطفلة - طفيليات
Nucellus	نويصلة	Parenchyme	نسيج برنشيمي
Nucleus	نواة	Peach	الخوخ
Nyssa	جنس نسة	Pectin	مادة البكتين
		Pediceal	عناق الزهرة
(O)		Pelargonium	جنس بلارجونيم
Oak	بلوط	Perforation	ثقب
اندثار اللحاء		reticulate	شبكة
Obliiteration of phloem		scalariform	سلمي
Ochroma	جنس اكروما	Periblem	منشاء القشرة
Oil ducts	قنوات زيتية	Pericambium	كمبيوم محيطي
Oils	زيوت	Pericarp	جدار الثمرة
خلايا شعاعية حافية		fleshy	لحمي
marginal ray cells		Pericycle	بريسيكل
Onagraceae	الفصيلة الأوناجرية	Periderm	بريديرم
Onopordum	جنس أونوبوردوم	layering in.	تتابع الطبقات
Ontogeny	نشوء تكويني	scaling of	تقشر البريديرم
Ophioglossum	جنس لسان الحية		منطقة نخاعية محيطية
Orchids	الأراشد	Perimedullary zone	
Ornamentation	زخرفة	Persea	جنس البرساء
Orientation	ترتيب - تنظيم		البرسمون (الكاكي)
Orobanche	جنس الهالوك	Persimmon (Diospyros)	
Osmunda	جنس أسمندة	Petiole	عناق الورقة
Ostrya	جنس استريا	Phaseolus	جنس الفاصوليا
Ovary	مبيض		قشرة فليينية - قشرة ثانوية
inferior	مبيض سفلي	Phellogen	كمبيوم فلييني
superior	مبيض علوي	Philadelphus	جنس الفيلادلفس
syncarpous	مبيض ملتحم الكرابل	Phloem	لحاء
Ovule	بويضة	crushing of	سحق
vascular supply	المدد الوعائي		

لحاء بين خشبي - لحاء بيني	Pit aperture	فتحة النقرة
interxylary phloem	Pit canal	قناة النقرة
metaphloem		تجويف النقرة - فراغ النقرة
Primary phloem	Pit cavity	
Protophloem	Pit chamber	غرفة النقرة
Phlootermia		رقع نقريه - حقول منقرة
Phlox	Pit membrane	غشاء النقرة
Phoenix	penetrability	نفاذية
Photosyntheseis	perforations	لقوب
Phragmoplast	Pit-pairs	نقر مزدوجة
Phragmosphere	bordered	نقر مزدوجة مضفوفة
Phryma		نقر مزدوجة نصف مضفوفة
Phyllocladus	half bordered	
Phyllode	simple	نقر مزدوجة بسيطة
Phyllotaxy	vestured	نقر مزدوجة مكسوة
نشوء قبلي - تتطور سلفي	Pith	نخاع
Phylogeny		نخاع ذو حواجز - نخاع مقسم
عمود وعائي نخاعي - عمود وعائي	diaphragmed	
siphonostele	duration	بقاء - تعمير
Physocarpus		خارج العمود الوعائي - داخل ...
Physostegia	extrastelar-versus stelar	
Phytelephas	hollow	أجوف
Phytolacca	ontogeny	تطور تكويني
Picea	Pith ray	شعاع نخاعي
Pilea		رقت الشعاع النخاعي
Pineapple (Ananas)	Pith ray flecks	
جنس حشيشة الدهن	Pits	نقر
Pinguicula (butterworts)	blind	نقرة بينية
Pinus	cribriform	غريالية الشكل
Piper	fused	ملتحمة
Piperaceae	vestigial	أثرية
Pistia		الياف خشبية مستدقة
Pisum	in libriform wood fibres	
stipules	Pitted cell	خلية منقرة
أذينات		

منطقة الانفصال	Pomegranate	رمان
in abscission zone	<i>Punica</i>	جنس الرمان
of metaxylem خشب تالى	Pontederia	جنس بئديريا
قشرة ثانوية - قشرة فلينية	Poppy	خشخاش
of phelloderm		الفصيلة الخنخاشية
Pitting تنقير	Papaveraceae	
reticulate شبكى	Populus	جنس الحور
scalariform سلمى		بدآت الكميوم
تنقير مركب من جانب واحد	cambial initials	
unilateral compound	Portulaca	جنس الرجل
Placenta مشيمة		جنس سلق الماء - لسان البحر
Placentation وضع مشيمى	Potamogeton	
Plant body جسم النبات		بقاطس
constitution تركيب	Potato (Solanum tuberosum)	
الأجزاء الأساسية	Potentilla	جنس رجل الوجة
fundamental parts		جدار خلوى ابتدائى
Plantaginaceae فصيلة لسان الحمل	Primary cell wall	
Plantago جنس لسان الحمل		طبقة وقائية ابتدائية
Plasma membrane غشاء بلازمى	protective layer	
Plasmodesmata روابط بلازمية	Primulaceae	الفصيلة الربيعية
Plastids بلاستيدات	Procambium	كمبيوم اولى
Platanus جنس الشنار	Promeristem	مرستيم اولى
Plerome منشئ الاسطوانة الوعائية	Proplastids	بلاستيدات اولية
Podocarpus جنس الفشاغ	Proscenchyma	بروزنشيمية
تاكل فطرى فى جدار الخلية	Protective layers	طبقات واقية
fungus erosion in cell wall	Protein granules	حبيبات بروتينية
Podophyllum جنس بودوفيلم	Protoderm	منشئ البشرة
Polemoniaceae الفصيلة بوليمونية	Protophloem	لحاء اول
Pollen grain حبوب لقاح	elongation	استطالة
Polygonaceae الفصيلة الحماضية	Protoplast	بروتوبلاست
Placental bundles حزم مشيمية	Protoxylem	خشب اول
Polygonatum جنس بوليغوناتم		التكوين الشبكى فى الخشب الاول
Polygonella جنس اليوليغونيللا	reticulations	
Polypodium جنس يوليبوديم		

لولبية أو حلزونية الخشب الاول spirals	مرستيم وعائى اولى	Radial bundles	حزم قطرية
Provascular meristem	نسيج وعائى اولى	dots	بقع قطرية
tissue	نسيج وعائى اولى	Romular traces =	
Pruning	تقليم	Branch traces	مسرات الفروع
Prunus	جنس برونس	Ranales	رتبة الشقيقيات
Pseudotsuga	جنس بسودوتسوجا	Ranunculaceae	الفصيلة الشقية
Psilotaceae	فصيلة سيلوتم	Ranunculus	جنس الشقيق
Pteridium	سرخس بتريديم	Raphides	بلورات ابرية
Pteridophytes	التريديات	Raspberry (Rubus)	توت العليق
Pteris	سرخس بتريس	Ray cells	خلايا شعاعية
Pteropsida	بترومسيديا	dentation	تسنن
Pterospora	جنس تيروسبورا		متصلة - مصفوفة
رباط الوسادة الورقية (وسادة		contermious (— marginal ray	
Pulvinar band (Pulvinus	ورقية	cells)	
Punica	جنس الرمان		مبعثرة
Pyrola	جنس بيرولا	interspersed (— marginal ray	
جنس بيرس (ويشمل الكمثرى		cells)	
Pyrus	والتفاح وغيره	Rays	اشعة
(Q)		vascular	اشعة وعائية
Quercus	جنس البلوط	aggregate	متجمعة
اندثار الاناييب الغربالية		compound	مركبة
obliteration of sieve tubes		Receptacle	تخت
durability	الاحتمالية		اختزال اللد الوعائى
gelatinous fibres	الياف جلاينية	Reduction of vascular supply	
libriform fibres	الياف مستدقة		الخشب الاحمر
تعرق فصى فى الخشب		Redwood (compression wood)	
silver grain in wood		Reseda	جنس رسيديا
Quercus suber	بلوط الفلين	Resin	راتنج
elasticity	مرونة	Rhamnus	جنس رامنس
جنس الكينوميلس		Rheum	جنس راوند
Quince (Chaenomeles)		Rhizomes	ريزومات
Quinine	كينين	Rhododendron	جنس رودندرون

Rhus	جنس السماق	Sambucus	جنس البيلسان
Rhytidome	كلف	Sansevieria	جنس الدق
Ribes	جنس ريباس	Santalaceae	الفصيلة الصندلية
Rims of Sanio	حواف ساينو	Sapodilla (Achras)	سبوت
Rings	حلقات		جنس سابوتا (الزبدية)
Rise of sap	صعود العصارة	Sapote (Salocarpum)	
Robinia	جنس روبينيا	Saprophytes	رميات
Root	جذر	Sarracenia	جنس السراسينة
Root cap	قلنسوة الجذر	Sassafras	جنس السفراس
Root germs	بداءات جذرية		برنثسيعة مفزلية
Root hairs	شعيرات جذرية	fusiform parenchyma	
Rootings	انبثاق الجذور	Scale bark	كلف حرسفي
Rosa	جنس الورد	Schizaea	جنس الشيژه
Rosaceae	الفصيلة الوردية	Schizogenous ducts	قنوات انفصالية
	نخل ملكي		مسافات انفصالية
Royal palm (see Roystonea)		Schizogenous spaces	
Roystonea	نخل ملكي		مسافات انفصالية اقراضية
Rubber	مطاط	Schizolysigenous spaces	
Rubus	جنس توت العليق	Scirpus	جنس الدبس
Ruellia	جنس قمشد	Sclereid	سكلريد
Rumex	جنس الحماض		سكلريد ، انواعه
Rupture	تمزق - تمك	Sclereids, types of,	
	نبات اسنان الاسد الروسي		سكلريدات نجمية الشكل
Russian dandelion (Taraxacum		astrosclereids	
Koksaghyz)			سكلريدات مستديرة
Rutaceae	الفصيلة السديية	brachysclereids	
		macrosclereids	سكلريدات عمادية
			سكلريدات عظمية الشكل
		osteosclereids	
		trichosclereids	سكلريدات
Sabal palmetto	جنس سبل	Sclerenchyma	سكلرنشيمية
Sagittaria	جنس القطبة		تجهر اللحاء الثانوي
Saintpaulia	جنس سانت يوليا	Sclerification of secondary phloem	
Salicornia	جنس الخريزة	Sclerotic cells	خلايا متحجرة
Salix	جنس الصفصاف		الفصيلة الشحسية
Salvia	جنس السلفيا	Scrophulariaceae,	

(S.)

الحلقات الموسمية باللحاء الثانوى	Senecio سنسبىو
Seasonal rings in secondary phloem	Sepal سبلة
Secondary body الجسم الثانوى	Separation layer الطبقة الفاصلة
الجدار الثانوى للخلية والتفرعات الكيميائية به	Sequoia سيكويا
Secondary cell wall, chemical changes in,	Serjania سرجانيا
Secondary cortex القشرة الثانوية	Shagbark hickory هيكورى
الاندودرمس الثانوى	Shell bark القلف القشرى
Secondary endodermis	Sieve areas مساحات غربالية
Secondary growth النمو الثانوى	Sieve cell خلية غربالية
المستيمات الثانوية	Sieve element عنصر غربالى
Secondary meristems	منطقة غربالية (حقل غربالى)
اللحاء الثانوى	Sieve field
Secondary phloem	Sieve plate حاجز غربالى
Secondary tissues أنسجة ثانوية	Sieve tube أنبوبة غربالية
Secondary xylem خشب ثانوى	السليكا بجدار الخلية
Secretory cells الخلايا الإفرازية	Silica, in cell wall
Secretory chamber غرفة إفرازية	سينوكالاماس ، قمة الساق
Secretory tissue النسيج الإفرازى	Sinocalamus, stem apex of,
مستويات القطع	Siparuna سيبارونا
Section, planes of,	Sisal سيسال
ساق سيكوريداكا الشاذة	(أنظر سيمبلوكارىس)
Securidaca, anomalous stem in,	Shunk cabbage (see Sumplocarpus)
الترسيب المعدنى بجدر خلايا نباتات البردى	Slime plugs سدادات مخاطية
Sedges, mineralization of cell wall in,	Smilacena سميلاسينا
Sedum حى علم	Smilax سملاكس
Seed coats أغلفة البذرة	Solanaceae الفصيلة الباذنجانية
Seedlings بادرآت	سولانم دالكامارا
Seeds بذور	Solanum Dulcamara
Segmentation of apex تجزؤ القمة	Solanum tuberosum البطاطس
Selaginella الرصن	Solidago سوليداجو
	Sorbus سورباس
	Sparganium سبارجانيوم
	Spartina سبارتينا

Spiraea	سبيريا	امتداد خلايا الخشب الأول
Spiral elements	الأوعية الحلزونية	Stretching of protoxylem cells
Spiral thickenings	تغلظات حلزونية	تخطط الجدار الأولى
Spondias	سبوندياس	Striations, of cell wall,
Spores, walls of, (جدران)	أبواغ (جدران)	ستركنوس (الجوز المقيء)
Stamen	سداة	Strychnos
Starch	نشا	Suberin
Stele	المحود الوعائي	Suberin lamella
	عمود وعائي أحادي	صفحة السوبرين
types of, monostele		تسوير جدار الخلية
polystele	عمود وعائي متعدد	Suberization of cell wall
protostele	عمود وعائي أولي	Substitute fibre
	عمود وعائي اسطوانى مجوف	ليفه بديلة
siphonostele		Sumach
عمود وعائي اسطوانى مجوف مزدوج		سماق
ectophloie	اللحاء	Sun scald
عمود وعائي اسطوانى مجوف مزدوج		حرق الشمس
amphiphloie	خارجى اللحاء	الخشب الصمغى فى الكابلى
Stellaria	ستيلاريا	Swietenia, heart wood in,
Stern	ساق	Symbiosis
Stem bundles	حزم الساق	تكاثر - تعايش
Stigma,	ميسم	Symplocarpua
Stipules	الأذينات	سيمبلوكارس
Stomata	ثغور	مراحل التحام الكرابل
	فتحة الثغر	Syncarpy, stages in.
Stomatal opening (or aperture)		Syringa
خلايا حجرية		سيرنجا
Stone cells (see sclereids)		(T)
الكيمبيوم المصفوف		Tannin
Storied cambium		ثانين
Storied cork	الفلين المصفوف	Taraxacum
Strawberry (see Fragaria)	شليك	ناب الأسد - هنديا
الالتحام فى ستريبتوس		Taxodium
Streptopus, adnation in,		Taxus
		تاكسس
		Tecoma
		تيكومه
		Tephrosia
		تفروزيا
		حزونات من الدرجة الثالثة
		Tertiary spirals
		اختفاء الأوعية من الفصيلة الترنسية
		Tetracentraceae, absence
		vessels in,
		Thionouia
		ثينونيا

Thuja	توية	Tsuga	تسوجا
Tilia	الزيتون	Tunica	غطاء - غلاف
Tiliaceae	الفصيلة الزيتونية		نظرية الغطاء والجسم أو البدن
Tillandsia	تيلاندسيا	Tunica-carpus theory	
Timber	خشب	Tyloaea	تيلوزات
Tissue initiation	بدء النسيج	Tylosoids	تيلوزاني
Tissue systems	الأجهزة النسيجية	Typhaceae	فصيلة البوطية
Tissues	الأنسجة		
	الطباق		
Tobacco (see Nicotiana)		(U)	
Todea superba	توديا سوبربا	Ulmaceae	الفصيلة الغرفارية
	الطماطم	Ulmus	الماس - غرغار
Tomato (see Lycopersicum)		Umbelliferae	الخيمية
Torus	التخت		ازهار وحيدة الجنس
Trabeculae	زوائد جدارية	Unisexual flowers	
Traces	مسرات الحزم		شعيرة الحريق اللاسعة
Trachea	قصيات	Urtica, stinging hair of,	
Tracheid	قصبة	Urticaceae	فصيلة الحريقية
Tradescantia	ترادسكانتيا	Utricularia	حامل الماء
Tragopogon	طرافوبوغون	Vaccinium	فاكسينيوم
	زهرة مايو		
Trailing arbutus (see Epigaea)		(V)	
Transfusion cells	خلايا ناقلة	Vacuoles	فجوات
Transfusion tissue	نسيج ناقل	Vacuome	فراغ
Transition cell	خلية انتقالية	Valerianaceae	الفصيلة الوالريانية
Transition region	منطقة انتقال	Vascular bundles	حزم وعائية
Traumatic tissue			اللحاء يحيط بالخشب
Trichomes	شعيرات	types of, amphicribal	
Trichostema		amphivasal	الخشب يحيط باللحاء
Trifolium	برسيم	bicollateral	مزدوجة اللحاء
	الفصيلة التركسندرية	cauline	ساقى
Trochodendraceae		collateral	مقتونة - جانبية
Trollium		common	عادية
Tropaeolum	أبو خنجر	concentric	مركزية
		cortical	قشرية

Vascular cylinder	اسطوانة وعائية
	الهيكل الوعائي الزهري
Vascular floral skeleton	الهيكل الوعائي الابتدائي
Vascular skeleton, primary	الجهاز الوعائي
Vascular system	الأنسجة الوعائية
Vascular tissues	جزر بين العروق
Veinlets	عروق
Veins	حجاب جذري
Velamen	تعرق
Venation	فرائم
Veratrum	فرباسكم - بوصير
Verbascum	فيرونيكيا
Veronica	وعاء
Vessel	ليبرنم
Viburnum	فول
Vicia	الونكة
Vinca,	كروم
Vines	بنفسج
Viola	الفصيلة البنفسجية
Violaceae	فيسكم
Viscum	عنبر
Vitis	

(W)

Waldsteinia	ولدشتينيا
Water pores	ثقوب مائية
Water stomata	ثغور مائية
Water melon	البطيخ
Wax	شمع
Wax palms	نخيل الشمع
	تعرية
Weathering, inflorescences lost by,	
Welwitschia	فلتتشيا
Willow (see Salix)	صفصاف
Winteraceae	الفصيلة الوتريية
	خشب كاسيات البذور
Wood, of angiosperms	
diffuse-porous	منتشر المسام
heart wood	خشب صمغى
ring-porous	حلقى المسام

sapwood	خشب رفو
Woodwardia	وودورديا
Woody plants	نباتات خشبية
gummosis in,	التصمغ في
Woody stems	سوق خشبية
Wound cork	فلين الجرح
Wound roots	جذور الجرح
Wound tissue	نسيج الجرح
Wrightia	ريتيا

(X)

Xanthium	شبيط
Xanthophyll	زانثوفيل
Xerophytes	نباتات جفاف
malacophyllous	عريضة الأوراق
microphyllous	صغيرة الأوراق
sclerophyllous	جلدية الأوراق
trichophyllous	شعرية الأوراق
Xylem	خشب
	نمو متجه نحو الخارج
centrifugal development in	
	نمو متجه نحو الداخل
centripetal development in	
	خشب أول داخلي
endarch	
exarch	خشب أول خارجي
mesarch	خشب أول وسطى
metaxylem	خشب تالى
Xylem rays	اشعة خشبية
secondary growth	نمو ثانوى

(Y)

Yucca	يوكا
-------	------

(Z)

Zamia	زاميا
Zea	ذره
Zingiber	زنجبار
Zizyphus	نبق
	منطق الأنسجة الانشائية
Zonation in meristems	

(٢) عربى - انجليزى

(١)

Aplectrum	ابلكتره
Ehony = Diospyros sp.	ابنوس
Spores	ابواغ
Tropaeolum	أبو خنجر - ٣٨٣
Abutilon	أبو طيلون
Apocyanaceae	أبو سنية (فصيلة) - ١٥
Vestigial	اثريه - ٥٠٤ ، ٤٤٦
Hollow	أجوف - ٤٥٤
Tissue systems	أجهزة نسجية
Kinoplasmasomes	أجسام كينو بلازمية
Floral parts	أجزاء زهرية - ٤٤٠
Fundamental parts	أجزاء أساسية
Agathis	أجاث - ١٥٤
Durability	احتمالية - ٢٨٠ ، ٢٧٨
Reduction	اختزال - ٤٦١
Reduction of vascular supply	اختزال المدد الوعائى - ٤٦١
Aquilegia	أخيليا - ٤٤٦
Food storage	ادخار الغذاء
Adlumia	ادلومية - ٣٩٣
Intussusception	ادماج - ١٩٠ ، ٤٥٢
Cuticle	ادمه - ٣٢٢ ، ٦٥
Stipules	اذينات - ٤١٢
Orchids	أراشد
Aralia	أراليا
Erythrina	أريثرينا (جنس)
Iresine	أزدين (جنس)
Arceuthobium	أرسيطوبية (جنس)
Arctium	اركتيوم - ٤٣٢
Araucaria	أروكاريا - ١٣٣ ، ٢٧٢ ، ٤٣٧

Agrostis	أروا
Unisexual flowers	ازهار وحيدة الجنس
Asarun	أسارون
Blueberry	آس برى
Ostrya	استريا
Central cylinder	اسطوانة مركزية
Vascular cylinder	اسطوانة وعائية - ١٩٢
Aster	اسطير - ١١٢
Acer	أسفندان - ٦٨ ، ١٢٥
Aceraceae	اسفندانية (فصيلة) ١٩٢
Sclereides	اسكريدات - ١١٥
Osmunda	اسمنده
Russian dandelion	اسنان الاسد الروسى
(Traxacum koksaghyz)	
Elongation	استطالة
Myrtaceae	آسية (فصيلة) ٦
Evergreen trees	أشجار دائمة الخضرة
Rays	أشعة - ١٩٥
Casparian strips	أشرطة كسبارية - ٢٥٧
Aggregate rays	أشعة متجمعة
Medullary rays	أشعة نخاعية
Vascular rays	أشعة وعائية - ٢٦٥
Xylem rays	أشعة خشبية - ٢٦٥ ، ٢٧٣
Flavones	أصبغ الفلافون - ٢٤
Gums	أصبغ - ٢٥
Sheaths	أغلفة - ٦٧
Seed coats	أغلفة البذرة ١١٥ ، ٤٦٧ ، ٤٧٦
Ephedra	أفدرا (علف) جنس - ١٩٦
Secretion	أفراز
Phyllotaxy	افتراق زاوى - ١٩٤
Ochroma	أكروما
Anastomosis	التحام - ٤٤٨
Ulmus	الماس - فرغار
Ulmaceae	غرغارية
Adnation	التحام - ١٩٩

Bundle fusion	التحام الحزم - ١٩٩
Fusion in calyx	التحام الكأس
Syncarpy	التحام الكورلات - ٤٥٥
Libriform fibres	ألياف مستندقة
Cotton fibres	ألياف قطن - ٤٨٧
Wood fibres	ألياف خشبية - ١١٤
Fibres	ألياف - ١١٤
Pericyclic fibres	ألياف البريسكيل
Gelatinous fibres	ألياف جيلاتينية - ١١٤
Phloem fibres	ألياف لحائية
Stretching of protoxylem cells	امتداد خلايا الخشب الأول
Absorption	امتصاص
Pineapple	أناناس
Rooting	انبثاق الجذور
Sieve tube	أنبوبة غربالية - ١٣٥ ، ١٣٦ ، ٣٠١ ، ٣٦٩
Nonarticulate latex ducts	أنبوبة لبنية بسيطة
Articulate latex ducts	أنبوبة لبنية مركبة
Endada	انتادة - ٤٠٤
Anchusa	انخوسة - ٤٦٥
Obliteration of sieve tubes	اندثار الأنابيب الغربالية ، ١٤١ ، ٣١٧
Endosperm	اندوسبرم - ٢٢
Endodermis	اندودرمى - ٢٠٥ ، ٢٠٨ ، ٢٠٩
Secondary endodermis	اندودرمى ثانوى ، ٢٠٥
Primary type of endodermis	اندودرمى ابتدائى ٢٠٥
Andromeda	اندروميده
Enzyme	أنزيم
Tissues	أنسجة
Secondary tissues	أنسجة ثانوية
Vascular tissues	أنسجة وعائية
Meristematic tissues	أنسجة انشائية (مرستيمات) ١٠٧
Permanent tissues	أنسجة مستديمة - ١٠٧
Burial of branch bases	انطمار قواعد الفروع
Burial of leaf trace bases	انطمار قواعد المسيرات الورقية
Cellular adjustment	انتظام الخلايا (انضباط)

Abscission	انفصال - انفصام - ٣٢٢ ، ٣٨٤ ، ٣٨٦
Compression of outer tissues	انضغاط الأنسجة الخارجية ٣٥٦
Meristematic tissues	أنسجة مرستيمية
Obliteration of phloem	اندثار اللحاء ، ١٤١
Onopordum	أنوبوردوم
Amaryllus	أميرلس - ٤٨٣
Aubrietia	أوبريشيه
Leaves	أوراق
Xerophytic leaves	أوراق النباتات الجفافية
Shade leaves	أوراق ظل
Spiral elements	أوعية حلزونية
Clustered vessels	أوعية متجمعة
Persistent leaves	أوراق مستديمة
Mesophytic leaves	أوراق النباتات الوسطية
Onagraceae	أوناجرية (فصيلة) - ٤٨٣
Ipomoea	أيوميا (جنس)
Isoëtes	إيزويتس (جنس) - ٩١
Anemarrhena	أنيمارهيثا

(ب)

Papaya	باباظ - ١٥٧ - ٤٧١
Caricaceae	باباظية (فصيلة) - ١٥٧
Solanaceae	بالذنجانية (فصيلة)
Pisum	بازلاء - بسلة
Balsaminaceae	بالسامينية (فصيلة)
Vasicentric parenchyma	برئشيمة حول وعائية
Banksia	بانكسيا - ٤٩٧
Asmina	بباو (جنس)
Petrosida	بتروسيديا
Petrospora	بتروسبورا (جنس)
Bignonia	بجونييا - ٣٧٥
Begonia	بجونييا - ٣٧٥
Initial	بداءه - ٨١ ، ٣٧١ ، ٤١٣
Root germs	بداءة الجذر الجانبية ٣٧١
Cambial initials	بدآات الكميوم

Tissue initiation	بدءا النسيج
Seeds	بدور
Sedges	بردى
Trifolium	برسيم - ٣٩٩
Medicago	برسيم حجازى - ٢٨٤
Parenchyma	برنشيمة
Aerenchyma	هوائية - ١٠
Winter buds	براعم شتوية
Persea	برساء (جنس)
Cuticular pegs	بروزات آدمية
Protoplast	بروتوبلاست - ١٧
Parenchymatus	برنشمانية - ١٠٧ ، ١٠٩
Wood parenchyma	برنشيمة الخشب - ١٣٣
Phloem parenchyma	برنشيمة اللحاء - ١٤٣
Fusiform parenchyma	برنشيمة مفزلية
Spongy and palisade parenchyma	برنشيمة اسفنجية وعمادية
Prosenchyma	برور نشيمة - ١٠٨
Persimmon (Diospyros sp.)	برسمون (كاكى)
Protoplasm	بروتوبلازم - ٧
Protein	بروتين
Bryophyllum	بريوفيللم - ٣٧٥
Periderm	بريديرم - ١١١ ، ٢٢٢ ، ٣٢٢ ، ٣٥٤
Leaf scar periderm	بريديرم الندبة الورقية
Pericycle	بريسيكل - ٣ ، ١٤٦ ، ٢٠٤
Emergence	بزوغ - ظهور
Lathyrus	بسلة الزهور - ٣٨٤
Pseudotsnga	بسودو تسوجا (جنس)
Epidermis	بشرة - ١١١ ، ٢١٤ ، ٣٢٢
Exodermis	بشرة خارجية - اكسودرمى
Endodermis	بشرة داخلية (اندودرمى)
Allium	بصل (جنس) - ٤١٨
Solanum tuberosum (Potato)	بطاطس - ٢٩ ، ١٩٣
Water melon	بطيخ - ٤٧٠
Duration	بقاء - تعمير

Apium	بقدونى (جنس)
Radial dots	بقع نظرية
Lattice	بقع شبكية - ١٣٩
Casparian dots	بقع كسبارية
Medullary spots	بقع نخاعية
Apios	بقلة الأرض
Pectin	بكتين - ١١٠
Pelargonium	بلارجونيم (جنس)
Plastids	بلاستيدات - ١٨ ، ١٣
Proplastids	بلاستيدات أولية - ١٨
Quercus	بلوط (جنس) - ٣٠
Leucoplastids	بلاستيدات عديمة اللون - ١٨ ، ٢٠
Chloroplastids	بلاستيدات خضراء - ١٨ ، ١٩
Chromoplast	بلاستيدة ملونة - ١٨ - ٢٠
Elaeoplast	بلاستيدة زيتية أو دهنية - ٢١
Amyloplast	بلاستيدة نشوية - ٢١
Plantaginaceae	بلانتا جينية (فصيلة لسان الحمل)
Crystalloids	بلورات - ٢٥
Raphides	بلورات ابريه - ٢٥
Quercus suber = Cork oak	بلوط الفلين
Polemoniaceae	بلومونية
Ice crystals	بلورات ثلجية
Druses	بلورات متجمعة (نجمية أو وردية) - ٢٧
Oak	بلوط
Blephilia	بليفيليا (جنس) - ٤١٢
Photosynthesis	بناء ضوئى - ١٢
Beet (Beta)	بنجر (جنس) - ٤٠٥
Viola	بنفسج
Corylus	بندق (جنس)
Violaceae	بنفسجية (فصيلة) - ٤٨٢
Pontederia	بنتديريا (جنس)
Typhaceae	بوطة (فصيلة)
Polygonatum	بوليجوناتم (جنس)
Polygonella	بوليجونيلا (جنس)

Polypodium	بوليبوديوم (جنس)
Ovule	بويضة - ٤٤٥
Podophyllum	بودوفيللم
Boraginaceae	بوراجينية (لسان الثور) فصيلة
Verbascum	بوصير - فرباسكم
Bauhinia	بوهينيا
Pyrus	بيرس
Pyrola	بيرولا - ٤٤٧
Pilea	بيليا - ١١٢
Sambucus	بيلسان - ١١٢ ، ١٤٠
Picea	بيسيا - ٢٧٠ ، ٥٠٢
Caprifoliaceae	بيلسانية (فصيلة)
Interfascicular	بين حزمى
Environment	بيئة - ٤٩٣
Mesophytic	بيئة وسطى - ٤٩٣

(ت)

Taxus	تاكسس - ١٣٣
Tannin	تانين - ٢٧٩
Fungous erosion in cell wall	تاكل فطرى فى جدار الخلية
Erosion in cell wall	تاكل فى الجدار الخلوى
Cuticularization	تأدم
Birch (Betula)	تامول - ٢٦٩
Budding	تبرعم
Manilla hemp	تيل مانىلا
Layering in periderm	تتابع الطبقات
Perforation	تثقب
Segmentation of apex	تجزؤ القمة
Pit cavity	تجويف النقرة - فراغ النقرة
Silver grain in wood	تعرق فضى فى الخشب
Spiral	تعرق حلزونى
Curly grain in wood	تعرق جمعدى فى الخشب
Birds eye	تعرق من نوع عين الطائر

Grain in wood	تمرق في الخشب
Lumen of the cell	تجويف الخلية
Sclerification of secondary phloem	تحجر اللحاء الثانوى
Durability of wood	تحمل الخشب — احتمال الخشب — ٢٨٠ ، ٢٧٨
Torus	تخت — ٥٣
Receptacle	تخت — ٤٤٠
Tradescantia	ترادسكانتيا — ١٩٦
Mineralisation of cell walls	ترسب الأملاح على جدر الخلايا — تمعدن
Constitution	تركيب
Pteridophytes	تريديات — ١٣٥
Accessory structures	تراكيب إضافية
I-beam structure	تركيب كبرى
Orientation of fibrils in cell wall	ترتيب اللوفيات في جدار الخلية
Minute structure	تركيب دقيق — تركيب تفصيلى
Mineralisation	ترسيب معدنى — تمعدن
Gross structure	تركيب اجمالى
Anomalous structure	تركيب شاذ
Apposition	تراكب
Trochodendraceae	تروكودندرية (فصيلة)
Orientation	ترتيب — تنظيم — ١٧٨
Tsuga	تسوجا — ٣١١ ، ١١٣
Suberization of cell wall	تسوبر جدار الخلية
Dentation	تسنن
Suberization of primary cells	تسوبر الخلايا الابتدائية
Secondary suberisation	تسوبر ثانوى
Defoliation	تساقط الاوراق
Ecological anatomy	تشریح بيئى
Distortion of tissues	تشوه الأنسجة (التواء)
Distortion	تشوه — التواء
Gummosis	تصمغ — ٢٨٦
Burls	تضخمات — انتفاخات
Development	تطور — ١٦٣
Ontogeny	تطور تكوينى — ١٧٨ ، ١٦٢
Grafting	تطعيم — ٢٥٩

Weathering	تعرية
Venation	تعرق - ٤١٢
Polysteles	تعدد المموذ الوعائى
Grain of wood	تعرق الخشب ٢٨٥
Centrifugal thickening	تغلظ للدعارج - تغلظ بالطرد المركزى
Spiral thickening	تغلظات حلزونية
Physical changes	تغيرات طبيعية
Tephrosia	تفروزيا
Dehiscence	لفتح
Apple (<i>Malus pumila</i>)	تفاح
Chemical changes	تغيرات كيميائية
Exfoliation of bark	تقشر القلف - ٣٣١ - ٣٣٦
Pruning	تقليم
Scaling of periderm	تقشر البريدرم - ٣٣١
Taxodium	تكسوديوم - ٩٢
Symbiosis	تكافل - تعايش
Cutinization	تكوين - ٦٣
Lignification	تلجنن - ٦٢
Rupture	تمزق - تهتك
Cohesion	تماسك - التصاق
Zonation in meristems	مناطق الأنسجة الانشائية
Differentiation	تمييز - تنوع
Cohesion	تماسك - التصاق
Structural development and differenti - ation	تمييز وتطور تركيبى
Unilateral compound pitting	تنقىر مركب من جانب واحد
Pitting	تنقىر - ١٤٦
Abies	تنوب - ٢٧٠ ، ٩١
Teleseping in floral apex	تناهياها فى الصفر فى القمة الزهرية
Thuja	توية - ٣١١ ، ١٩٦
Raspberry (<i>Rubus</i>)	توت العليق
Todea superba	توديا صويربا
Conduction	توصيل
Morus	توت (جنس)
Blackberry	توت شوكى

Moraceae	توتية (فصيلة) - ١٤٠
Todea	توديا (جنس)
Corolla	تويج
Tylosoids	تيلوزاني
Tyloses	تيلوز - ٢٧٦ ، ٢٧٧ ، ٢٦٦
Tyloseids	تيلوزيدات
Tillandsia	تيلاندسيا
Tecoma	تيكوما
Ficus	تين (جنس)

(ث)

Cambium minera	ناقبات الكمبيوم
Stomata	نفور - ٦٦ ، ٢١٦
Hydathode	نفر مائي - نفر دمعي
Water stomata	نفور مائية
Hydathodes	نفور مائية - نفور دمعية
Perforations	ثقوب
Perforations in pit membranes	ثقوب في فضاء النقرة
Water pores	ثقوب مائية
Dry fruits	ثمار جافة - ٤٧١ ، ٤٧٦
Fleshy fruit	ثمار غضة - ٤٧١
Berries	ثمار لبية - ٤٧٢
Fruit	ثمرة - ٤٧١
Follicle	ثمرة جرابية - ٤٧٦
Achene	ثمرة فقيرة - ٤٧٦ ، ٤٨١
Multiple	ثمرة متضاعفة (متجمعة)
Biseriate	ثنائية الصفوف
Thionia	ثيونيا

(ج)

Gaylussacia	جابلوساكيا (جنس) - ١٥٢
Cell wall	جدار الخلية - ٧
Secondary cell wall	جدار الخلية الثانوي

(ج)

Cuscuta	حامول (جنس)
Utricularia	حامول الماء
Sieve plate	حاجز غربالى
Menispermum	حب الهلال (جنس)
Pollen grains	حبوب لقاح
Aleurone grain	حببية البرونية - ٢٩
Protein granules	حببيبات بروتينية
Velamen	حجاب جلدى
Diaphragm	حجاب - حاجز
Secretory chamber	حجرة افرازية
Cystolith	حجر التوازن - ٦٤
Bud scales	حراشيف برعمية
Lenticular scale	حراشفة عديسية
Sun scald	حرق الشمس - سمط الشمس
Urtica ^a	حريق (جنس) - ١٥١
Urticaceae	حريقية (فصيلة) - ١٢ ، ٦١
Bryophytes	حزازيات - ١٨٦
Club mosses	حزازيات صولجانية - ١٢٠ ، ١٨٦
Stem bundles	حزم الساق - ١٩٨
Collateral bundle	حزمة جانبية
Petiole bundle	حزمة عنقية
Vascular bundles	حزم وعائية ، ١٨٠
Cauline vascular bundles	حزم وعائية ساقية - ١٩٨
Common vascular bundles	حزم وعائية عادية
Cortical vascular bundles	حزم وعائية قشرية
Cortical bundles	حزم قشرية - ٤٠١
Concentric vascular bundles	حزم وعائية مركزية - ١٨١
Collateral vascular bundles	حزم وعائية محورية
Amphivasal vascular bundles	حزم وعائية يحيط فيها الخشب باللحاء - ١٨١
Bicollateral vascular bundles	حزم وعائية مزدوجة اللحاء
Placental bundles	حزم مشيمية - ٥٩٩
Fibrovascular bundle	حزم وعائية ليفية

(٢)

Exarch xylem	خارجي الخشب الأول
Extrasteler	خارج العمود الوعائي
Malvaceae	خبازية (فصيلة) - ٣١٨
Salicornia	خريرة - ٥٠٣
Helleborus	خريق - ٣٩٢
Lactuca	خس - ١١٢
Timber	خشب - ١١٧
Xylem	خشب - ٢ - ١١٧
Primary xylem	خشب ابتدائي - ١٦٥ ، ١٧٣ ، ١٧٨
Red wood	خشب أحمر
Protoxylem	خشب أول ، ٨٥ ، ١٦٩
Exarch	خشب أول خارجي ، ١٧٠ ، ١٧١ ، ١٧٨
Endarch	خشب أول داخلي ، ١٧٠ ، ١٧١ ، ١٧٨
Mesarch	خشب أول وسطي ، ١٧١
Lignum vitae (= Gualacum)	خشب الأبياء ...
Metaxylem	خشب تالي ، ١٧٠ ، ١٧١ ، ١٧٨
Secondary xylem	خشب ثانوي ، ٢٣٥
Heavy wood	خشب ثقيل
Alburnum (sap wood)	خشب رخو - ٥٣ ، ٢٧٧ ، ٢٧٩
Heart wood	خشب صمغي - ٤٣ ، ٥٣ ، ٢٧٣ ، ٢٧٧
Wet heart wood	خشب صمغي رطب
Compression wood	خشب الانضغاط - ٢٨٥
Mesarch xylem	خشب وسطي الخشب الأول
Ring porous wood	خشب مسامي الحلقات - ١٥ - ٢٥١
Poppy	خشخاش ...
Papaveraceae	خشخاشية (فصيلة) ، ١٥٧ ، ٤٨٢
Secretory cells	خلايا إفرازية ، ١٥٠ ، ١٥١
Phloem ray cells	خلايا الأشعة اللحائية
Stone cells	خلايا حجرية - ١٣
Ericaceae	خلنجية (فصيلة) - ٢٢ ، ١٩٢
Epidermal cells	خلايا البشرة ...
Xylem mother cells	خلايا الخشب الوالدة ...

Phloem mother cells	خلايا اللحاء الوالدة ...
Mature cells of protophloem	خلايا اللحاء الأول البالغة ...
Binucleate cells	خلايا ثنائية النواة ...
Stone cells	خلايا حجرية ١١٦ ...
Sclereids	خلايا حجرية ١١٦ ...
Grit cells	خلايا حصوية - خلايا صلبة ...
Permanent cells	خلايا دائمة ...
Ray cells	خلايا شعاعية ...
Marginal ray cells	خلايا شعاعية حافية ، ٣١٦ ...
Closing cells	خلايا غالقة ...
Cork cells	خلايا فلينية ...
Sclerotic cells	خلايا متحجرة ...
Companion cells	خلايا مرافقة ، ١٤٢ ، ٣٠٨ ...
Complementary cells	خلايا مفككة ...
Transfusion cells	خلايا ناقلة - ٥٠٢ ...
Cell	خلية - ٧ ...
Mesophyll	خلية النسيج المتوسط ...
Transfusion cell	خلية انتقال - خلية موصلة ...
Transition cell	خلية انتقاله ...
Guard cell	خلية حارسة - ٢١٧ ...
Motor cell	خلية حركية ...
Albuminous cell	خلية زلالية - ١٤٣ ...
Marginal ray cell	خلية شعاعية حافية ...
Sieve cell	خلية غربالية ، ١٣٦ ، ١٤٢ ...
Companion cell	خلية مرافقة ١٣٦ ...
Passage cell	خلية مرور ...
Malpighian cell	خلية مليجي - ٤٨٥ ...
Pitted cell	خلية منقرة ...
Prunus (domestica)	خوخ (جنس) - ٤٧٤ ...
Umbelliferae	خيمية (فصيلة) - ١٩٣ ...

(د)

Dalibarda	داليباردا (جنس) ...
Dasylirion (bearded yucca)	دازيليرون (ابرة آدم) ...

Chenopodiaceae	رمرامية (فصيلة)
Chenopodium ١١٢	مرام أو زربيع (جنس)
Liliiflorae	رتبة الزنبقيات
Ranales	رتبة السمقيات
Gnetales	رتبة علدية
Lycopsida	رتبة ليكوسيدا
Potentilla	رجل الوزه (جنس)
Portulaca	رجلة (جنس)
Reseda	رسيدا (جنس)
Selaginella ٩١ ، ٨٧	رصن
Pith ray flecks ٢٨٦	رقت نخاعية شعاعية
Primary - pit - fields	رقتة تقرية ابتدائية
Punica = pomgranata ٤٨٦	رمان
Rhamnus	رمنس (جنس)
Crystal sand	رمل بلورى
Saprophytic	رميات
Saprophytes	رمية
Plasmodesmata ٤٥	روابط بلازمية
Rhododendron	رودودندرن (جنس)
Robinia ١٢٩	روبينيا (جنس)
Ribes ٣٧٥ ، ٢٢١	ربياس
Heliotropium luteum ٢٢١	رهاب - هليوتروب
Rhytome	ريتدوم
Rhizomes ٢٠٩	ريزومات

(٣)

Fagus ٣١١	زان (جنس)
Fagaceae	زان (فصيلة)
Zamia	زاميا
Xanthophyll	زانتوفيل
Aristolochiaceae	زراوندية (فصيلة)
Ornamentation	زخرفة
Aristolochia	زراوند (جنس)

Spondias	سبوندياس
Spiraea	سبيريا - ٤٢٥
Cypripedium	سيبريديوم (جنس)
Streptopus	ستربتوبوس
Strychnos	ستركنوس (الجوز القبيء)
Alstroemeria	ستروميريا
Stellaria	ستيلاريا - ٣٨٦
Crushing of cortex	سحق القشرة
Crushing of phloem	سحق اللحاء
Slime plugs	سدادات مخاطية
Stamen	سداة - ٤٥٤
Rutaceae	ساذية (فصيلة)
Ferns	سراخس - ٢٢٨
Sarracenia	سراسينا (جنس) ١٥٢
Sergania	سرجانيا
Aspidium	سرخس اسبيديوم
Pteris	سرخس پترس
Pteridium	سرخس بطارس اوديشار
Cryptogramma	سرخس كريبتو جراما
Pteridophyte	سرخسيات - ١٨٢
Hilum	سرة - ٢٩
Cyperus	سعد (جنس)
Sevietenia	سفيتينا - نروبين
Sassafras	سسفراس (جنس)
Sclerenchymatus	سكلرنشيماتية - ١٠٧
Sclerenchyma	سكلرنشيمية
Sclereid	سكلريد
Astrosclereids	سكلريدات نجمية
Ostrosclereids	سكلريدات عظمية الشكل
Macrosclereids	سكلريدات عمادية
Trichosclereids	سكلريدات
Brachysclereids	سكلريدات مستديرة
Sclerenchyma	سكلرنشيمية
Celastrus	سلاسترومي (جنس)
Internode	سلامية - ١٦٣

(ش)

Monarda	شاي الجبل - موناردا - يرغود (جنس)
Reticulate	شبكة
Mirabilis	شب الليل
Xanthium	شبيط
Cinkgo	شجرة المبد - چنگجو - ٤٨٦
Aeschynomene	شجرة خفاف
Arctocarpus	شجرة الخبز
Ailanthus	شجرة السماء - ٣٤٧
Mahogany (swietonia)	شجرة الماهوجنى
Brasilian rubber tree	شجرة المطاط البرازيلية
Scrophulariaceae	شحسية (فصيلة) - ٤٦٩
Pith ray	شعاع نخامى
Medullary ray	شعاع نخامى
Hairs	شعيرات - ٢٢٠ ، ٤٩٨
Root hairs	شعيرات جذرية - ٢١٦ ، ٣٦٢
Persistent root hairs	شعيرات جذرية دائمة
Stinging hair of <i>Urtica</i>	شعيرة الحريق
Glandular hair	شعيرة غدنية
Labiatae	شفوية (فصيلة) - ١٩٢ ، ٤٥٠
Ranunculus	شقيق (جنس) - ٢٣١
Ranunculaceae	شقيقية (فصيلة) - ٣٠٩
Fragaria = strawberry	شليك (جنس) - ٤٧٨
Wax	شمع - ٤٩٦
Wax palms	شمع النخيل
Platanus	شمار (جنس) - ٢٢١
Cactaceae	شوكية (فصيلة) - ٩٤
Avena	شوفان (جنس) - ٢٢١
Shagbark hichary	شوم (شاجبارك هيكورى)
Hemlock	شوكران - ٣١٨
Artemesia	شيع (جنس) - ٣٨٨
Gymnocladus	شيكو (جنس)
Schizaea	شيزة (جنس)

(b)

(ع)

Gymnosperms ... عاريات البذور — ٢٦٦ ، ١٩٢ ، ١٨٦ ، ١٣٥ ، ١٠٠

Polystele	عمود وعائى متعدد — ١٨٥ ، ١٨٤
Stele	عمود وعائى — ٢
Protostele	عمود وعائى مصمت — ٣
Monostele	عمود وعائى وحيد
Columella	عمود وسطى (عميد)
Jujubee	مناب
Sieve elements	عناصر غربالية ، ٢٠١
Vitis	عنب — ٣٣١
Sieve element	عنصر غربالى ، ٢٠١
Vessel element	عنصر وعائى
Pedicle	عناق الزهرة
Petiole	عناق الورقة — ٤١٢
Phyllode	عناق ورقى
Berberidaceae	عود الريح (فصيلة)
Acorus	عود الوج

(غ)

Lauraceae	غاربية (فصيلة) — ١٩٢
Agrimonia	غانث — ٢٣٢ ، ٣٨٨
Glands	غدد — ١٥١ ، ٤٦٢
Lysigenous glands	غدد انقراضية
Nectaries	غدد رحيقية — ١٥١ ، ١٥٣
Septal nectaries	غدد رحيقية حاجزية ، ١٥٣
Digestive gland	غدة هضمية — ١٥١
Cribiform	غربالية الشكل
Air chambers	غرف هوائية
Pit chamber	غرفة النقرة
Pit membrane	غشاء النقرة — ٤٩
Plasma membrane	غشاء بلازمى — ٧
Closing membrane	غشاء غالق — ٤٩
Perforated pit membrane	غشاء نقرى مثقب
Tunica	غطاء — فلاف ...
Seed coat	غلاف البذرة — ٤٨١
Integument	غلاف البويضة { ٨١ }

Pericarp	غلاف الثمرة
Mesocarp	غلاف الثمرة الوسطى
Bundle sheath = Mesotome sheath	غلاف الخزمة ، ٤٢٥
Pericarp	غلاف ثمرى - ٤٦٧
Medullary sheath	غلاف نخاعى - غمد نخاعى - ٢٠٢

(ف)

Valerianaceae	فاليريانية (فصيلة)
Vaccinium	فاكسينيوم - ٤٦٧
Pit aperture	فتحة النقرة
Stomatal opening (or aperture)	فتحة الثغر
Vacuoles	فجوات - ١٣ ، ٢٢
Branch gap	فرجة الفرع - ١٨٦ ، ١٨٧ ، ١٩٠ ، ١٩٨ ، ٢٤١
Phragmosphere	فراجوسفير - ٣٢ ، ٣٤
Phragmoplast	فراجموبلاست - ٣٤ ، ٣٣ ، ٣٦
Leaf gap	فرجة وريقة - ١٨٦ ، ١٨٧ ، ١٩٠ ، ١٩٨ ، ٢٤١
Twig	فرع
Vacuole	نراغ
Lacunae	فراغات (جوبات)
Oil cairty	فراغ زيتى
Canal like cavities	فراغات شبه قنوية ١٧٧
Lysigenous cavities	فراغات انقراضية
Phryma	فريما (جنس)
Freesia	فريزيا (جنس)
Podocarpus	فشاغ (جنس) ، ٢٧٢
Phaseolus	فاصوليا (جنس)
Forsythia	فورسيثيا (جنس)
Piper	فلفل (جنس)
Fungus	فطرة - ٥١٢
Achene	فقيرة - ١٨١
Storied cork	فلين مصغوف
Wound cork	فلين الجرح - ٣٣٩
Phloeoterma	فلوتيرما
Phellem = cork	فلين ، ٣٠ ، ٣٢٢ ، ٣٢٥

Trachea	قصبات ، ١٧٤ ، ١٧٥ ، ٢٧٠
Tracheid	قصبة ، ١٧٤ ، ١٧٥ ، ٢٧٠
Late wood tracheids	قصبات الخشب المتأخر
Fibre - tracheid	قصبة ليفية ، ٢٧٠
Sagittaria	قطبة (جنس)
Gossypium	قطن (جنس) - ٤٨٤
Bars of sanio	قضبان سانير
Bark = Rhytidome	قلف ، ٢٥٧ ، ٣٢٩ ، ٣٣٠
Periderm in fruit	قلف الثمرة
Scale bark	قلف حرشفي
Ring bark	قلف حلقي
Shell bark	قلف قشري
Araceae	قلفاسية (فصيلة)
Root cap	قلنسوة الجذر - ٩٦ ، ٣٦١ ، ٣٧٣
Alkaloides	قلوانيات
Apical	قمى
Acropetal	قمى
Root apex	قمة الجذر - ٩٦
Stem apex	قمة الساق
Floral apex	قمة زهرية
Pit canal	قناة النقرة
Cannabis	قنب (جنس) ١١٥
Manila hemp	قنب مانيلا ١١٥
Oil ducts	قنوات زيتية
Oil canal	قناة زيتية
Hemp (cannabis sativus)	قنب - ١٢
Schizogenous ducts	قنوات انفصالية
Lysigenous ducts	قنوات انقراضية
Resin canals	قنوات راتنجية - ١٠ ، ١٥١ ، ١٥٤
Gum ducts	قنوات صمغية ، ١٥٤
Laticiferous ducts	قنوات لبنية ، ١٥٥
Branch bases	قواعد الفروع
Texture of	قوام

Cambium	كمبيوم - ٢٢٨
Leaf-trace cambium	كمبيوم سير الورقة
Vestigial interfascicular cambium	كمبيوم بين حزمى اثرى
Cambiform	كمبيومى الشكل
Accessory cambium	كمبيوم اضافى - ٨٢
Fascicular cambium	كمبيوم حزمى ، ٢٣٠
Storied cambium	كمبيوم طبقي - مصفوف - ٢٤٧
Procambium	كمبيوم اولى - ١٦٥ ، ٢٢٩
Interfascicular cambium	كمبيوم بين حزمى ٢٣٠
Pericambium	كمبيوم محيطى
Phellogen	كمبيوم الفلين ، ٨٦ ، ٢١١
Coralorrhiza	كورالوريزا (جنس)
Cotoneaster	كوتونستر (جنس)
Coreopsis	كوروبسيس (جنس)
Conopholis	كونوفولس (جنس)
Collenchyma	كولنشيمية - ٢٢ ، ١٠٩
Coleus	كوليوس (جنس النجدة)
Chimaeras	كيميرات
Kinoplasm	كينوبلازم - ٣٣
Chaenomeles	كينوميلس (جنس)
Quinine	كينين
Cutin	كيتين - ٤٠

(ل)

Exalbuminous	لاندمسيرمية
Larix	لاركس (جنس) - ٥٧ ، ١١٩ ، ٢٧٠
Stinging	لاذعة - لاسعة
Pulp	لب
Latex	لبن نباتى
Lepiduum (L. latifolium)	ليبيدوم او مسواك الراعى (جنس)
Lignin	لجنين ، ٤٠
Phloem	لحاء - ٢ ، ١٣٤ ، ١٤٥ ، ١٤٦ ، ١٤٧
Primary phloem	لحاء ابتدائى - ١٦٥ ، ٣٦٩
Protophloem	لحاء اول ، ٨٥ ، ١٤٧ ، ١٦٩ ، ١٧١

Mahogany	ماهوچنى - ٢٥
Magnolia	مانوليا (جنس)
Magnoliaceae	مانولية (فصيلة) - ٤٨٣
Interspersed	مبعثرة
Ovary	مبيض - ٤٥٢
Inferior ovary	مبيض سفلى
Superior ovary	مبيض على
Syncarpous ovary	مبيض ملتحم الكرابل ، ٤٥٣
Centrifugal	متجه نحو الخارج
Centripetal	متجه نحو الداخل
Aggregate	متجمعة
Lianas	متسلقات
Mitchella	متشبل (جنس)
Parasite	متطفلة
Vascular system	مجموع وعائى (جهاز وعائى)
Winged	مجنحة
Inclusions	محتويات
Axis	محور - ١
Axis, aerial & Subterranean	محور هوائى وارضى
Amphicribal	محيطية اللحاء
Mucilage	مخاط - ٧١
Coniferae	مخروطيات
Vascular supply	مدد وعائى ، ١٨٧
Medeola	مدبولا (جنس)
Multinucleate stages of vessel elements	مراحل التعدد النووى للعناصر الوعائية
Meristem	مرستيم - ٨٠ ، ٨١
Promeristem	مرستيم اولى - ٧٩ ، ٨١
Ground tissue meristem	مرستيم النسيج الاساسى ٨٦ ، ١٤٩
Urmeristem (= Promeristem)	مرستيم بدائى - اولى - ٧٩ ، ٨١
Primodial	مرستيم بدائى - اولى - ٧٩ ، ٨١
Intercalary meristem	مرستيم يبنى - ٨٣ ، ٨٥
Lateral meristem	مرستيمات جانبية ، ٨٦
Secondary meristem	مرستيم ثانوى - ٨١
Embryonic meristem	مرستيم جنينى

Marginal meristem	مرستيم حافي ، ٤١٤
File meristem	مرستيم صفى
Rib meristem	مرستيم ضلعى (شريطى)
Apical meristem	مرستيم قمى - طرفى ، ١٥ ، ١٦ ، ٨٣ ، ٨٥ ، ٢٢٩
Plata meristem	مرستيم لوحى
Fraxinus	مران (جنسى) - ٢٦٩
Compositae	مركبة (فصيلة) ، ١٩٢
Centrospermae	مركزية البذور
Calceolaria	مرموزة (جنس)
Elasticity	مرونة
Marattia	مراتيا (جنس)
Traces	مسرات
Vestigial traces in flower	مسرات اثرية فى الزهرة
Ramular traces = Branch traces	مسرات الفروع ، ١٨٨
Leaf traces = foliar traces	مسرات ورقية - ١٨٦ ، ٢٣٧
Leaf girdling	مسرات ورقية حازمة - ١٩٣
Sieve areas	مساحات غربالية - ١٣٦
Schizogenous spaces	مساحات انفصالية - ١٠
Schizolysigenous spaces	مسافات انفصالية انقراضية - ١٠
Lysigenous Spaces	مسافات انقراضية - ١٠
Intercellular Space	مسافات بينية - ١٠
Traces to lost petals	مسرات البتلات المفقودة ٤٤١
Branch traces	مسرات الفرع
Traces to lost carpel	مسرات الكرابل المفقودة ٤٤١
Girdling trace	مسرات حازم
Leaf trace	مسرات ورقة
Dipsacus	مشط الراعى (جنس)
Amelanchier	مشطلة
Impregnation of wood	مشيع الخشب
Placenta	مشيمة - ٤٥٣ ، ٤٧٧
Placental	مشيمى
Rubber	مطاط
Cucumis	مفات (جنس)
Fusiform	مغزلى

Ball and socket joint	مفصل ذو وقبة - ٣٥٤
Conterminous	مفصلية
Maclura	مكلورا (جنس)
Fused	ملتصمة
Hauatoria	ممصات
Diffuse-porous	منتشر المسام - ٢٦٩
Plerome	منشئ الاسطوانة الوعائية
Histogen	منشئ الأنسجة
Dermatogen	منشئ البشرة - ١٠٥ ، ٩٨
Protoderm	منشئ البشرة - ١٠٥ ، ٩٨
Root-stem transition	منطقة التحول بين الجذر والساق
Periblem	منشئ القشرة - ٩٨
Calyptragen	منشئ القنيسوة - ٩٩
Zone	منطقة
Abscission zone	منطقة الانفصال
Perimedullary zone	منطقة نخاعية محيطية
Ergastic	مواد ايضية
Mucilages	مواد مخاطية - هلامية
Citrus	موالح - حمضيات (جنس) - ١٥١
Banana (Musa)	موز
Musa	موز (جنس) - ١٥٧
Musaceae	موزية (فصيلة) - ١٥٧
Monotropa	مونوتروبا (جنس)
Myriophyllum	ميريوفيللم - حزنبيل (جنس)
Micellae	ميسلات
Stigma	ميسم
Liquidambar	ميسة السائلة (جنس)
Myrica	ميركا - شجرة الشمع (جنس)

(ن)

Taraxacum	ناب الأسد - هندبا
Nepeta	نابطة (جنس) - ١١٢
Coconut	نارجيل - ١١٣
Cocos	نارجيل (جنس)

Campanulaceae	ناقوسية (فصيلة)
Ground cherry (physalis)	نبات الحرنكش (القوطة)
Nettles	نبات الحريق
Cinnamon	نبات القرفة
Lilac (Syringa)	نبات ليلاك
Entomophilous plants	نباتات آكلة الحشرات
Insectivorous plants	نباتات آكلة الحشرات
Carnivorous plants	نباتات آكلة اللحوم أو لواصم
Mints	نباتات النعناع
Xerophytes	نباتات جفافية - ٤٩٣ ، ٤٩٥
Fossil plants	نباتات حفرية
Woody plants	نباتات خشبية - ٣٨٥
Epiphytes	نباتات عالقة - ٥٠٣
Deciduous plants	نباتات ثلجية - مرداء (متساقطة الأوراق)
Horsetails	نباتات ذيل الحصان
Herbaceous plants	نباتات عشبية - ٣٨٥ ، ٣٨٦
Aquatic plants (Hydrophytes)	نباتات مائية - ١٠ ، ٣٢٢ ، ٤٩٣
Gymnosperms	نباتات عاريات البذور ٣٧٢
Halophytes	نباتات ملحية - ٤٩٤
Mesophytes	نباتات وسطية - ٤٩٣
Zizyphus	نبق
Nepenthes	نبنتس - ١٥٢
Nitrogenous	نتروجينية
Grasses	نجيليات - ٤١٣
Gramineae	نجيلية (فصيلة)
Sculpture	نحت
Pith	نخاع ٣ ، ٢٠٠ ، ٢٠١
Diaphragm pith	نخاع ذو حواجز - نخاع مقسم
Ceroxylon	نخاع ذو حواجز
Roystonia = Copernicia	نخل الشمع (جنس) - ٦٩ ، ٤٩٦
Royal palm	نخل ملكي
Palms	نخيل - ٢٢٨
Date = Phoenix	نخيل البلح - ٣٨٤
Scar periderm	ندبة فلينية

Narcissus	نرجس (جنس)
Nyssa	نسة (جنس) ٢٠١
Secretory tissue	نسيج افرازى
Fundamental tissue	نسيج أساسى
Sclerenchyma tissue	نسيج اسكلرنشيمى - ١١٢ ، ١١٣
Secretory tissue in noctary	نسيج افرازى فى الغدة الرحيقية ١٤٩
Wound tissue	نسيج الجرح
Parenchyma	نسيج برنشيمى - ١٠٨
Aerenchyma	نسيج تهوية
Conjunctive tissue	نسيج ضام - نسيج رابط
Collenchyma tissue	نسيج كولنشيمى - ١٠٩
Mesophyll	نسيج متوسط
Complementary tissue	نسيج مكمل
Transfusion tissue	نسيج ناقل - ٥٠٢
Provascular tissue	نسيج وعائى اولى - ١٦٥
Starch	نشا - ٢٨
Origin of aerenchyma	نشأة النسيج الهوائى
Ontogeny	نشوء تكوينى - ١٢٩
Phylogeny	نشوء قبلى - تطور سلفى
Hemicellulose	نصف سليولوزية
Ripening	نضج
Maturation	نضج - بلوغ
Xylem maturation	نضج الخشب
Tunica - corpus theory	نظرية الغطاء والبدن - ٨٤ ، ٨٩
Expansion theory	نظرية التمدد
Apical - cell theory	نظرية الخلية الطرفية ، ٨٧
Invasion theory	نظرية الغزو - ١٨٥
Histogen theory	نظرية نشوء الانسجة ، ٨٧
Permeability	نفاذية
Medicago	نفل - برسيم حجازى (جنس)
Pits	نقر - ١٦
Simple pits	نقر بسيطة - ٥٠
Blind pits	نقر بينية - نقر عمياء (مكفوفة) - ١٦

Bordered pits	نقر مضفوفة — ٥٠
Pit - Pairs	نقر مزدوجة — ٤٩٤ ١٦٤ ١٤
Half - bordered pits	نقر نصف مضفوفة
Bordered pit pairs	نقر مضفوفة مزدوجة
Vestured pits	نقر مكسورة
Intrusive growth	نمو انحصارى — ٢٥١ ٤ ١٤
Gliding or Sliding	نمو انزلاقى — ٢٥١ ٤ ١٤
Gliding growth	نمو انزلاقى — ٢٥١ ٤ ١٤
Contrifugal	نمو بعيد عن المركز — نمو للخارج
Secondary growth	نمو ثانوى — ٤
Symplastic	نمو جماعى
Centripetal	نمو فى اتجاه المركز — نمو للداخل
False growth	نمو كاذب
Bundle ends	نهايات الحزم
Bundle ends in leaves	نهايات الحزم فى الاوراق
Nucleus	نواة
Inflorescence	نورة
Stelar type	نوع العمود الوعائى
Nucellus	نوسيلة — ٤٨١

(ه)

Digestive	هاضمة
Protein digesting	هاضمة للبروتينات
Orobanchae	هالوك (جنس)
Hibiscus	هيسكس (جنس)
Taraxacus	هذباء برى — ١١٢ ٤ ٨٦
Graft hybrid	هجين تطعيمى
Heliotropium	هليوتروب — رهاب (جنس) — ٢٢١
Asparagus	هليون (جنس)
Hemlock	هملوك — ٣٠
Hedera	هيدرا (حبل المساكين) (جنس)
Heveabroxibensis	هينبا — شجرة المطاط (جنس)
Hydrastis	هيدارستس (جنس)
Primary Skeleton	هيكل ابتدائى

Vascular Skeleton of Leaf	هيكـل الـورقة الـوعائـيـة
Vascular skeleton	هيكـل وعائـي
Vascular floral skeleton	هيكـل وعائـي زهري

(و)

Monocotyledons	وحيدة الفلقة
Unisexual	وحيدة الجنس
Rosa	ورد
Rosaceae ١٩٢ : ١٤٠٤	وردية (فصيلة)
Drosera	ورد الشمس (جنس)
Leaf	ورقة - ١ : ١١٤
Gall	ورم (ثؤلولة)
Pulvinus	وسادة ورقية
Placentation	وضع مشيمي
Vessel	وعاء ١٢٦
Commelinaceae	وعلائية (فصيلة)
Winteraceae	ونتوية (فصيلة)
Vinca	ونكة - ٩٤

(ي)

Clematis ٢٣٢	ياسمين البر - كلماتس (جنس)
Chlorophyll ١٨	يخضور
Euonymus	يوليموس (عرقية الراهب) (جنس)
Eupatorium ٣٦٢	يوباتوريوم
Yucca ٢٢٨	يوكا
Eicohhrnia ٣٧١	ياسنت مائي

استمرالك

ترجمت كلمة Iris بسوسن حينا ، وزنبق حينا آخر ، والاولى اصح ، فيحسن تخصيص زنبق ل Lilium . وهربت Cornus مرة الى قرنوس ، و احيانا الى كورنس . وهربت Ulmus حينا الى الماس وترجمت احيانا الى فرغار . وهربت كلمة Ericaceae الى اريكية ، وترجمت احيانا الى خلنجية . وهربت Acer حينا الى آمر ، ولكنها ترجمت احيانا الى اسفندان .

الراجع

تم - بحمد الله - طبع هذا الكتاب بمطبعة جامعة
عين شمس في ١٤ من صفر سنة ١٣٨١ الموافق ١٦
من يولييه سنة ١٩٦٢

رئيس المطبعة

بهي احمدر صالح

مطبعة جامعة عين شمس ٢٨٤/١٩٦٠/٢٠٠٠





Biblioteca Alexandrina



0526941